

CONTROL DE ILUMINACIÓN Y TEMPERATURA POR MEDIO DE UN SISTEMA DOMÓTICO PARA HABITACIÓN DE HOSPITAL

**ANDRÉS CAMILO SOTO LATORRE
DANIEL VELÁSQUEZ DUQUE**



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA
INGENIERÍA MECATRÓNICA
INGENIERÍA INFORMÁTICA
ENVIGADO
2012**

CONTROL DE ILUMINACIÓN Y TEMPERATURA POR MEDIO DE UN SISTEMA DOMÓTICO PARA HABITACIÓN DE HOSPITAL

**ANDRÉS CAMILO SOTO LATORRE
DANIEL VELÁSQUEZ DUQUE**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Informático
Ingeniero Mecatrónico**

Director

Rigoberto Maldonado Torres

Ingeniero en instrumentación y control



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA
INGENIERÍA MECATÓNICA
INGENIERÍA INFORMÁTICA
ENVIGADO
2012**

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a La Escuela de Ingeniería de Antioquia y a todos los profesores que fueron parte de nuestra formación académica, ya que nos dieron las bases para nuestra formación profesional y nos ayudaron a crecer como personas.

También agradecer al Hospital Pablo Tobón Uribe por el aprendizaje recibido durante la práctica, pues de allí partió la iniciativa y las bases para el desarrollo de este trabajo de tesis.

De igual forma, agradecemos de manera muy especial a nuestros queridos padres y familiares por la constante motivación y su incondicional acompañamiento para alcanzar nuestros objetivos, sin ellos no hubiese sido posible llegar a lograr esta meta.

Gracias, a nuestro tutor Rigoberto Maldonado quien nos orientó y nos brindó elementos claves para el correcto desarrollo de nuestro trabajo.

CONTENIDO

| | pág. |
|--|------|
| LISTA DE FIGURAS | 6 |
| LISTA DE TABLAS | 9 |
| ABSTRACT | 11 |
| INTRODUCCIÓN..... | 12 |
| 1. PRELIMINARES | 15 |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 15 |
| 1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO..... | 16 |
| 1.2.1 Objetivo General..... | 16 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos. | 16 |
| 1.3 MARCO DE REFERENCIA | 16 |
| 1.3.1 Seguridad..... | 17 |
| 1.3.2 Ahorro energético..... | 17 |
| 1.3.3 Confort. | 18 |
| 1.3.4 Comunicaciones..... | 18 |
| 1.3.5 Arquitecturas..... | 19 |
| 1.3.6 Protocolos..... | 22 |
| 1.3.7 Sistemas de iluminación..... | 25 |
| 1.3.8 Tipos de lámparas..... | 26 |
| 1.3.9 Sistema de temperatura | 29 |
| 2. METODOLOGÍA DEL PROYECTO | 30 |
| 3. DISPOSITIVO DE CONTROL Y TEMPERATURA..... | 32 |

| | | |
|-----|---|----|
| 3.1 | CAPÍTULO 1: CONDUCTAS MANIFIESTAS EN PACIENTES HOSPITALIZADOS..... | 32 |
| 3.2 | CAPÍTULO 2: PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN, MÉTODOS DE CONTROL Y COMPONENTES..... | 36 |
| 3.3 | CAPÍTULO 3: DESARROLLO E INTEGRACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA..... | 45 |
| 3.4 | CAPÍTULO 4: CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO..... | 49 |
| | CONCLUSIONES..... | 61 |
| | RECOMENDACIONES..... | 62 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 63 |
| | ANEXO 1..... | 65 |
| | ANEXO 2..... | 67 |

LISTA DE FIGURAS

| | pág. |
|---|------|
| <i>Figura 1 - Arquitectura Domótica Centralizada</i> | 20 |
| <i>Figura 2 - Arquitectura Domótica Descentralizada</i> | 20 |
| <i>Figura 3 - Arquitectura Domótica Distribuida.....</i> | 21 |
| <i>Figura 4 - Arquitectura Domótica Mixta.....</i> | 21 |
| <i>Figura 5 - Lámpara incandescente normal.....</i> | 26 |
| <i>Figura 6 - Lámpara incandescente halógena de Tungsteno</i> | 26 |
| <i>Figura 7 - Lámpara de sodio de Baja Presión</i> | 27 |
| <i>Figura 8 - Lámpara de sodio de Alta Presión</i> | 27 |
| <i>Figura 9 - Lámpara de mercurio de Baja Presión.....</i> | 27 |
| <i>Figura 10 - Lámparas de mercurio de Alta presión.</i> | 28 |
| <i>Figura 11 - Lámpara de Halogenuros Metálicos.....</i> | 28 |
| <i>Figura 12 - LED (light emitting diode).....</i> | 29 |
| <i>Figura 13 - Celda Peltier</i> | 30 |
| <i>Figura 14 - Comodidad visual del paciente</i> | 33 |
| <i>Figura 15 - Comodidad visual del acompañante</i> | 34 |
| <i>Figura 16 - Temperatura de la habitación</i> | 34 |
| <i>Figura 17 - Arduino Mega</i> | 37 |
| <i>Figura 18 - Sensor de temperatura LM35</i> | 37 |
| <i>Figura 19 - Conexión del sensor LM35</i> | 38 |
| <i>Figura 20 - Dependencia entre iluminación y resistencia para una LDR típica.....</i> | 39 |
| <i>Figura 21 - Simulación de un sistema con control proporcional e integral.....</i> | 40 |

| | |
|--|-----------|
| <i>Figura 22 - Simulación de un sistema a lazo cerrado con control proporcional, integral y derivativo</i> | <i>41</i> |
| <i>Figura 23 - Función de transferencia</i> | <i>41</i> |
| <i>Figura 24 - PID de iluminación al 50%</i> | <i>43</i> |
| <i>Figura 25 - PID de iluminación al 100%</i> | <i>43</i> |
| <i>Figura 26 - PID de iluminación al 15%</i> | <i>44</i> |
| <i>Figura 27 - PID de iluminación al 70% cubriendo el sensor</i> | <i>44</i> |
| <i>Figura 28 - PID de iluminación al 70% iluminando el sensor.....</i> | <i>45</i> |
| <i>Figura 29 - Toma de requisitos</i> | <i>46</i> |
| <i>Figura 30 - Diagrama casos de uso del sistema</i> | <i>46</i> |
| <i>Figura 31 - Diagrama del flujo del proceso.....</i> | <i>47</i> |
| <i>Figura 32 - Prototipo de interfaz #1</i> | <i>47</i> |
| <i>Figura 33 - Prototipo de interfaz #2.....</i> | <i>47</i> |
| <i>Figura 34 - Interfaz Processing</i> | <i>48</i> |
| <i>Figura 35 – Diseño de la maqueta</i> | <i>49</i> |
| <i>Figura 36 – Vista lateral de la habitación</i> | <i>50</i> |
| <i>Figura 37 – Sistema de temperatura.....</i> | <i>50</i> |
| <i>Figura 38 – Ubicación sistema de temperatura.....</i> | <i>51</i> |
| <i>Figura 39 – Ubicación fotorresistencia</i> | <i>51</i> |
| <i>Figura 40 – Persianas del ventanal panorámico</i> | <i>52</i> |
| <i>Figura 41 - LEDs para la iluminación</i> | <i>53</i> |
| <i>Figura 42 - Sensor de temperatura</i> | <i>53</i> |
| <i>Figura 43 - Arduino y protoboard</i> | <i>54</i> |
| <i>Figura 44 – Ubicación arduino y protoboard</i> | <i>54</i> |
| <i>Figura 45 - Interfaz control de iluminación</i> | <i>55</i> |

| | |
|---|-----------|
| <i>Figura 46 - Interfaz control de temperatura.....</i> | <i>55</i> |
| <i>Figura 47 - Pregunta n°1 de la encuesta.....</i> | <i>56</i> |
| <i>Figura 48 - Pregunta n°2 de la encuesta.....</i> | <i>57</i> |
| <i>Figura 49 - Pregunta n°3 de la encuesta.....</i> | <i>57</i> |
| <i>Figura 50 - Pregunta n°4 de la encuesta.....</i> | <i>58</i> |
| <i>Figura 51 - Pregunta n°5 de la encuesta.....</i> | <i>58</i> |

LISTA DE TABLAS

| | pág. |
|---|------|
| <i>Tabla 1 - Comparación de controladores.</i> | 42 |

RESUMEN

En el presente trabajo se propone un diseño de software y hardware para el control de la iluminación y la temperatura en la habitación de un hospital por medio de un sistema domótico.

Esta propuesta se presenta con base a los principales ámbitos que trata la domótica. En el confort se busca mejorar la recuperación de los pacientes brindándoles un ambiente mucho más adecuado y confortable a sus necesidades, en el ahorro energético con la intención de disminuir el costo de los recursos de los hospitales aprovechando al máximo los recursos naturales como la luz solar, en las comunicaciones utilizando infraestructuras que se pueden encontrar fácilmente en la actualidad como lo es una red Wifi y en la accesibilidad buscando favorecer la autonomía personal y la usabilidad de los sistemas para el usuario, en este dispositivo se implementará una pantalla táctil para proporcionar una experiencia agradable para el paciente.

Además si se tiene en cuenta el espacio al que se enfoca este dispositivo de control en este trabajo, se puede observar que tiene un gran número de lugares y campos de acción en los que se puede aplicar, donde sea necesario un control de temperatura e iluminación como son oficinas, hogares, fábricas, etc.

Palabras claves: domótica, pantalla táctil, hospital, control, iluminación, temperatura, PID, WIFI.

ABSTRACT

In this paper we are going to propose the design of software and hardware to control lighting and temperature in a hospital room using a domotic system.

This proposition is presented based in domotic's primary areas. Comfort that seeks to improve the recuperation of patients by giving them a more adequate and comfortable environment for their needs; energetic savings looking to diminish the cost of the resources of hospitals with the maximum usage of natural resources (solar light); communications using infrastructures that can be easily find anywhere today, like a Wifi net and accessibility looking to favor personal autonomy and usability of the systems by the users, by implementing a tactile screen in this device to provide a pleasant experience for the patient.

In addition, if it is taken into account the space in which this control device is focused in this paper, it can be seen that it has a large number of places and action fields in which it can be applied, anywhere where a control of lighting and temperature is necessary like offices, houses, factories, etc.

Key Words: Domotic, tactile screen, hospital, control, lighting, temperature, PID, WIFI.

INTRODUCCIÓN

Es evidente que la sociedad de hoy está influenciada por factores socioculturales que cada vez se inclinan más por el uso de la tecnología. Un elemento casi indispensable para las dinámicas sociales, que está en constante evolución, replanteando lo existente, mejorándolo y proponiendo nuevos modelos de bienestar.

Durante el paso de los años se ha podido observar de cómo los nuevos inventos tecnológicos han mejorado la calidad de vida de los seres humanos, como lo son la televisión a color (1940), las telecomunicaciones, el internet, y hoy en día toda una infinidad de elementos que proponen acortar distancias y garantizar el entretenimiento de la sociedad.

Desde este punto de vista, considerando la tecnología como una herramienta altamente poderosa, eficiente y transversal, claro está, utilizándola bajo propósitos del bienestar y el desarrollo, surge la idea de aplicar la domótica para mejorar las condiciones de vida de las personas que se encuentran dentro de un espacio determinado.

La domótica hace referencia a la ciencia que estudia la integración de la informática y las comunicaciones en una vivienda, también conocida como “casa inteligente”, esta ciencia busca que ciertos elementos como la temperatura y la iluminación en dicho espacio, sean regulados automáticamente debido a unas condiciones exteriores. (Mastermagazine, 2007)

Lo cual se puede lograr utilizando redes interiores y exteriores de comunicación, al conectar algunos elementos entre sí por medio de cables (cableada) o sin cables gracias a las tecnologías inalámbricas, y pueden ser distribuidas por dentro o fuera de la vivienda según la necesidad y la facilidad en la instalación de los componentes.

Uno de los casos más importantes y exitoso de la utilización de la domótica en este campo, se puede ver reflejado con lo realizado por el grupo privado Hospitales NISA, que ha creado el primer piso domótico de España y de Europa para la rehabilitación de enfermos de daño cerebral en colaboración con Toshiba y B&J Adaptaciones. Esto fue mencionado en un reportaje titulado “La domótica ayuda a los enfermos con daño cerebral” realizado el 29 de marzo de 2007, y muestra la posibilidad en la que se puede desarrollar este campo en los hospitales. Mientras que por otro lado se realizaron estudios frente a la automatización por voz para implementar sistemas domóticos con el fin de ayudar a personas paraplégicas con el objetivo de evaluar la medida en que un sistema domótico de control del entorno mediante la voz, como SICARE Light, mejora la calidad de vida y aumentan la independencia personal de pacientes ingresados con lesión medular cervical (tetraplégicos) en el Hospital Nacional de Paraplégicos de Toledo. Este estudio se realizó en colaboración con la Federación Nacional de ASPAYM y el Hospital. (Gutiérrez Fayoz, 2007)

Se debe tener en cuenta que cuando un paciente es hospitalizado, vive esta experiencia de forma personal y se encuentra todo el tiempo en un estado de vulnerabilidad, por lo cual es primordial promover su bienestar.

Los doctores y enfermeros son los encargados del bienestar del paciente mientras este se encuentre ubicado en una habitación de hospitalización y se debe considerar que la calidad técnica, calidez y eficiencia son aspectos importantes para conseguir el bienestar y la pronta recuperación de un paciente. Además saber la opinión de los pacientes acerca del servicio y el nivel de bienestar que se les brinda por parte del personal médico, puede ser un factor esencial para mejorar los estándares de atención brindados por la institución.

Los pacientes hospitalizados perciben un nivel alto de bienestar al ser atendidos por personal médico calificado y preparado pero también hay que considerar factores relevantes que pueden modificar la percepción del bienestar y estos son afectados por el entorno externo que se presentan en la habitación donde es ubicado el paciente, como pueden ser la temperatura y la iluminación.

La integración de la domótica en hospitales tiene 3 fines básicos y estos son: el control del consumo de energía en el hospital, el confort de los pacientes y su seguridad. La implementación de sistemas de circuito cerrado de televisión se

enfoca a aportar a la seguridad y sistemas de detección de incendios para prevenir que un problema menor pueda convertirse en una catástrofe, avisando de forma oportuna sobre cualquier indicio de incendio para poder así tomar las medidas y decisiones correctas. Con respecto al tema del confort y el ahorro de energía, se implementa el control y automatización de los sistemas de iluminación y temperatura del lugar, para garantizar una mayor utilización de los recursos naturales y brindar un ambiente más agradable a los pacientes. (Mitsucontrol, 2010)

De esta manera se puede decir que la domótica es una herramienta aplicable para mejorar el bienestar y confort en el proceso de la hospitalización.

1. PRELIMINARES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un paciente, cuando es hospitalizado, requiere siempre de la ayuda de un tercero ya sea un familiar o personal de asistencia, para poder realizar actividades físicas que le proporcionen comodidad y una estancia más agradable frente a su condición de salud.

Actividades tan simples como cambiar el canal del televisor, cerrar la cortina de la habitación o prender la luz, representan un reto para un paciente con movilidad reducida y con aparatos conectados a su cuerpo, le crean impotencia e inseguridad, y lo envuelven en un sentimiento de abatimiento, además de su incomodidad por la temperatura ambiente que tiene en su habitación de hospital, la cual no puede manipular por si mismo.

La temperatura ambiente del cuarto del paciente, es un problema y angustia que sufren muchos pacientes, por su misma condición de enfermedad, donde si se cuenta con un sistema aire acondicionado central, que proviene de un equipo que filtra, calienta o enfría el aire, impide que las personas acomoden a su mejora las condiciones de éste,

Los sistemas de control automático de iluminación aparecen, como una alternativa al control manual, que es realizado por el usuario según su criterio; el control automático se ejecuta según un patrón previamente establecido, orientado al ahorro energético, logrando así un nivel de iluminancia estable dentro de la habitación, con una mezcla de luz natural y artificial. Logrando una alta eficiencia luminosa y brindando una ambiente agradable, propicio para una corta estadía en el hospital (Assaf, 2009).

Con los avances tecnológicos y el interés de crear espacios más confortables para las personas, la domótica puede considerarse como una posible solución que facilitará las condiciones de vida de las personas, mejorando su bienestar, incentivando su independencia y aportando a una mayor autonomía.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1 Objetivo General.

Desarrollar los controladores de iluminación y temperatura de un sistema domótico y su respectiva interfaz de usuario, para una habitación de hospital.

1.2.2 Objetivos Específicos.

- Caracterizar los diferentes tipos de interacción de un paciente adulto hospitalizado, dentro de su habitación.
- Seleccionar los controladores y el método de interacción para controlar las variables y dispositivos del sistema domótico.
- Diseñar la interfaz gráfica para controlar las variables y que satisfaga las necesidades de interacción con el paciente.
- Evaluar el desempeño de la interfaz integrada con los demás componentes del sistema domótico, por medio de la construcción de un prototipo.

1.3 MARCO DE REFERENCIA

En la actualidad al mencionar el término domótica se hace referencia al fundamento de aplicar la tecnología de la automatización, el control al hogar y el ahorro, al edificio, a la empresa, o a los hospitales para mejorar la calidad de vida de las personas, enfocando sus funcionalidades primordialmente en comodidad, seguridad, confort y ahorro.

La perspectiva de domótica varía dependiendo del entorno en el que se encuentre. Si se mira desde el hogar, se observa que su principal función es el confort de las personas, a diferencia de la perspectiva de domótica en edificios la cual adquiere un carácter más enfocado al ahorro de energía y al área de seguridad. ¿Pero como sería mirar la domótica desde un hospital?, ¿qué funciones se considerarían como mas importantes?

Las funciones de la domótica se entienden como acciones realizadas por los sistemas automatizados en hogares y edificios. Estas funciones pueden clasificarse en tres áreas: control, gestión y comunicación. El área de control comprende control técnico, seguridad y teletransmisión. La gestión en sistemas automatizados se enfoca en aire acondicionado e iluminación también cabe en este grupo la optimización de espacios y todo lo que compete al entretenimiento. La comunicación abarca comunicación-control, comunicación-esparcimiento y comunicación-servicios (Recuero, 1998).

Algunos principios a tener en cuenta con la domótica son: el confort, la seguridad, y la accesibilidad. Pero tener una habitación automatizada no solo trae estos beneficios, también se debe considerar el ahorro energético que es una de las principales motivos para automatizar.

1.3.1 Seguridad.

La seguridad consiste en evitar riesgos y accidentes domésticos. En este ámbito se encuentran ejemplos para resaltar:

- Detección de incendios.
- Alumbrado automático de zonas de riesgo.
- Posibilidad de conectarse a centrales receptoras de alarmas.
- Detectores de fugas de gas o de agua.

Otro enfoque que se le da es la seguridad hacia los bienes dentro de los cuales podemos encontrar sistemas como:

- Circuito cerrado de televisión.
- Vigilancia perimetral. (Universitat de les Illes Balears, 2006)

1.3.2 Ahorro energético.

A la hora de instalar un sistema domótico se debe tener en cuenta el ahorro energético, y así demostrar cuanto se puede economizar en los gastos de energía y la rentabilidad que tendrá el sistema.

Con el fin de realizar un buen desarrollo en la gestión energética se realiza una programación que tiene diferentes niveles: regular los diferentes equipos,

programar su uso y mejorar sus tareas; los que dan un ahorro más eficiente. Algunos ejemplos de software para ahorro energético:

- Conexión y desconexión de equipos por presencia o de manera temporizada.
- Regulación de temperaturas por zonas.
- Desconexión automática de distintos recursos que no estén siendo utilizados. (Universitat de les Illes Balears, 2006)

1.3.3 Confort.

Sin desmeritar su importancia y poniendo como punto de partida la automatización de hogares y su comodidad, el confort juega el papel de brindar bienestar, tranquilidad y comodidad a los seres humanos.

La comodidad ofrecida por la automatización de los procesos cotidianos cada vez se vuelve más completa ofreciendo una variedad de servicios. Unos ejemplos de esta aplicación son:

- Mando a distancia.
- Regulación de condiciones ambientales por zonas.
- Activación automática por presencia, control remoto.
- Utilización de paneles informativos y de gestión.
- Posibilidad de reprogramar de forma fácil en función del cambio de necesidades.
- Atención especial a personas mayores o discapacitadas. (Universitat de les Illes Balears, 2006)

1.3.4 Comunicaciones.

Tal como se había analizado anteriormente, las comunicaciones comprenden: comunicación-control, comunicación-esparramiento y comunicación-servicios.

“La tendencia mundial, tanto en electrónica de consumo como en telecomunicaciones, es hacia la interconectividad, teniendo en cuenta las

funciones requeridas en el ambiente doméstico y servicios disponibles vía las redes de telecomunicaciones” (Recuero, 1998).

Dada esta afirmación se ubica la comunicación como campo vital e indispensable en todo lo relacionado con la automatización, facilitándonos la creación y la implementación de un ambiente domótico en un hogar.

- Los sistemas de comunicación en el interior, que mejoran considerablemente la calidad de vida en el hogar, como la automatización de elementos (encendido/apagado de luces automático por control de presencia y según la luminosidad, entre otros
- Sistemas de comunicación hacia el exterior y desde el exterior, de tal manera que pueda avisar sobre los acontecimientos que sucedan en el hogar para poder controlar las funciones en caso de ausencia.
- Conexión de proveedores de servicios.

Con la ayuda de diferentes protocolos de comunicación, elementos que componen los automatismos de control y diferentes arquitecturas los sistemas domóticos permiten al usuario una facilidad de control con los diferentes componentes de su hogar, esto es lo básico y lo primordial en el momento de fijar un nivel de confort mínimo.

Al reconocer al confort como un punto importante en la tarea de la automatización surgen servicios que le permiten al usuario relajarse en su hogar como:

- La Activación/desactivación de dispositivos de forma inalámbrica.
- El aviso de alarmas al exterior
- La distribución de imágenes y sonido por las pantallas TV de la casa. (Universitat de les Illes Balears, 2006)

1.3.5 Arquitecturas.

Para poder hablar de domótica es indispensable tener en cuenta los protocolos de comunicación, estos son el medio por el cual se comunican los dispositivos que el usuario desea controlar desde el computador o un celular, variables como la temperatura, iluminación y otros dispositivos como las persianas, el televisor y cámaras de seguridad. Controlando todos estos elementos se logra mejorar los procesos y la calidad de vida de sus usuarios, mirando aspectos como: la comodidad, seguridad, protección al medio ambiente, confort y el ahorro energético. (Herrera Quintero, 2005)

Básicamente en el momento que se desea colocar un dispositivo domótico, se pueden encontrar cuatro tipos de arquitecturas.

- **Arquitectura centralizada.**

En un sistema domótico de arquitectura centralizada, se tiene una topología tipo estrella, con un controlador central que envía la información a los actuadores y a su vez recibe datos de los sensores. Lo malo con este tipo de arquitectura es que si el controlador principal deja de funcionar, todo el sistema domótico deja de responder ya que los actuadores y sensores están conectados a este.

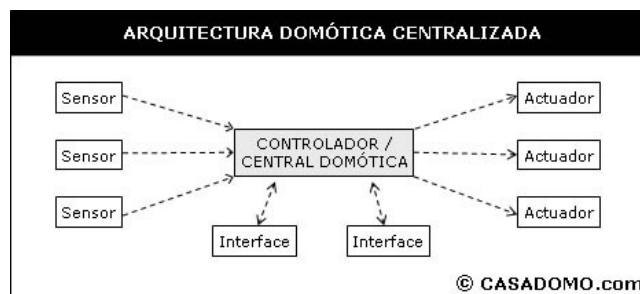


Figura 1 - Arquitectura Domótica Centralizada (CASADOMO, 2011)

- **Arquitectura descentralizada.**

En este tipo de arquitectura se cuenta con varios controladores independientes, donde cada uno maneja sus dispositivos como actuadores y sensores. Cada controlador se comunica por medio de un bus que envía la información a los demás controladores.

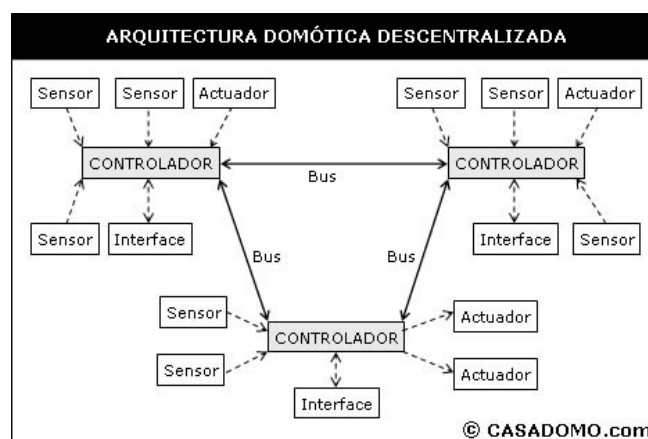


Figura 2 - Arquitectura Domótica Descentralizada (CASADOMO, 2011)

- **Arquitectura distribuida.**

En la arquitectura distribuida se puede encontrar que cada sensor y actuador son también controladores capaces de enviar datos al sistema. De esta forma si un dispositivo falla esto garantiza que los demás elementos se puedan controlar.

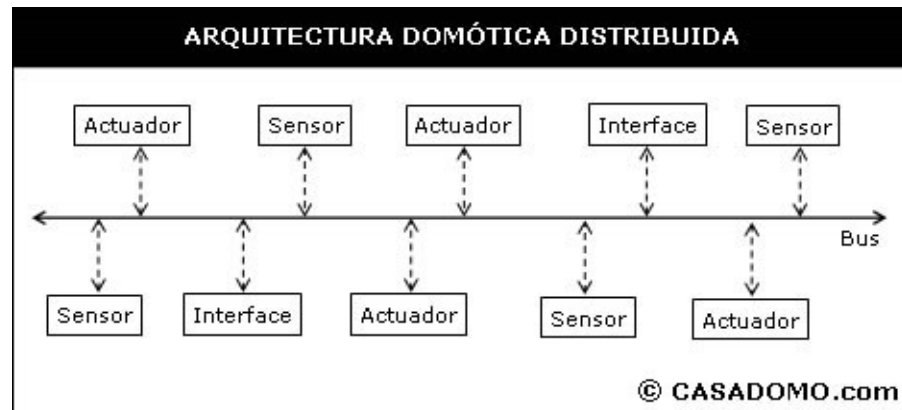


Figura 3 - Arquitectura Domótica Distribuida (CASADOMO, 2011)

- **Arquitectura mixta.**

Para esta arquitectura donde se combinan los sistemas centralizados, descentralizados y distribuidos, se tiene un bus por donde se comunican los sensores y actuadores, y a su vez los distintos controladores que manejan sus propios dispositivos y las distintas interfaces. Donde se dispone de un controlador central o varios controladores descentralizados.

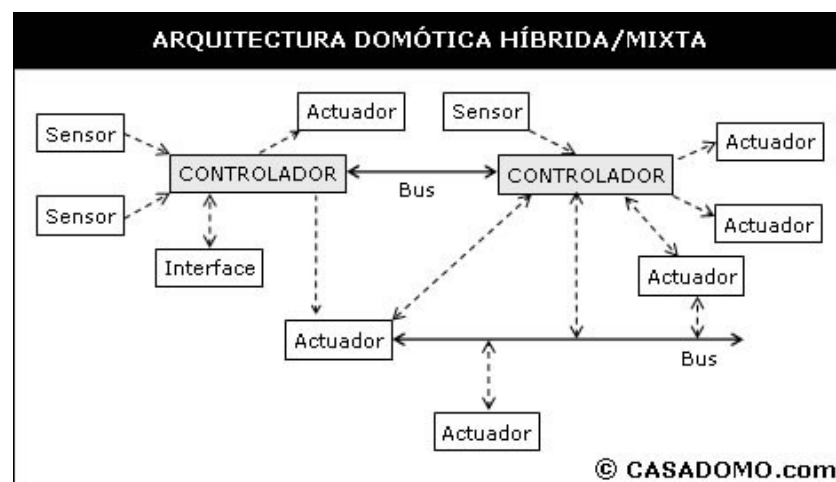


Figura 4 - Arquitectura Domótica Mixta (CASADOMO, 2011)

1.3.6 Protocolos.

Se debe tener en cuenta la inter-conectividad de dispositivos para permitir que otros módulos de distintos proveedores puedan tener un acople a los dispositivos que se van a instalar; para esto existen protocolos estándar que determinan el mejor medio físico de comunicación. Existen diversos protocolos de comunicación, que son la forma en la que se van a entender los dispositivos de control. Entre los protocolos más importantes tenemos:

- X-10
- EIB
- TCP/IP
- WIFI
- KONNEX
- LONWORKS
- BACNET

- **X-10.**

En el sistema X-10, las señales están basadas en detección de pasos por cero (Recuero, 1998). Hay dos tipos: señales de dirección y de función. Con estos dos tipos de señales vamos a poder controlar cualquier dispositivo que esté conectado a la red y que tenga un receptor.

En este protocolo se utiliza la red eléctrica que ya está instalada, para poder controlar un dispositivo por medio de la línea eléctrica (110V ó 220V). Para las señales de función se modulan impulsos de 120 Khz y de esta forma si el pulso está presente se asigna un 1, si no lo está se asigna un 0; esto junto con la señal de direccionamiento que se envían por toda la red y teniendo en cuenta la dirección del receptor, solo actúa sobre un dispositivo específico.

- **EIB (European Installation Bus).**

Es una red de comunicación que se desarrolló bajo la supervisión de la Unión Europea. Este sistema puede llegar a tener hasta 11.520 dispositivos conectados en el mismo Bus; para poder tener toda esta cantidad de componentes funcionando es necesario hacer una división por zonas y líneas; teniendo 15 zonas y un máximo de 12 líneas por zona, se pueden conectar hasta 64 dispositivos (Herrera Quintero, 2005).

El sistema emplea una fuente de alimentación de 640mA por salida y para la ubicación de los dispositivos utiliza una dirección física que consta de 3 números o 16 bits, y se reparten así:

- Número de zona o los 4 primeros bits.
- Número de línea o los otros 4 bits siguientes.
- Número del componente o los últimos 8 bits para así completar un total de 16 bits.

- **TCP/IP.**

Este protocolo se usa a nivel mundial para conectarse a Internet; con esto se puede tener una interconectividad entre los dispositivos en cualquier parte del mundo. Este sistema puede implementarse para proyectos pequeños y medianos, así como para proyectos empresariales.

Su funcionamiento se da mediante la transmisión de paquetes de datos, los cuales comienzan con la dirección de destino, seguido de la información o mensaje. Este protocolo se ha convertido en una herramienta ideal ya que se ha venido usando de forma muy amplia en distintos elementos como electrodomésticos, computadores y dispositivos domóticos.

- **WIFI.**

Para este estándar se puede contar con una cantidad mayor de productos compatibles, aunque este protocolo no especifica una tecnología concreta, sino un nivel físico y un subnivel de control de acceso al medio. El verdadero nombre de esta tecnología es 802.11b, WIFI es el nombre comercial y con este logo están viniendo todos los productos que incorporan este protocolo.

Se transmiten los datos de forma inalámbrica o por radio frecuencia, operando a 2.4GHz, donde el transmisor y el receptor no necesitan estar en una línea de vista.

El WIFI es ideal cuando se necesita crear redes de área local en espacios que requieren una buena movilidad y sin obstáculos ya que permite una comunicación sin necesidad de cables (CASADOMO, 2011).

- **Konnex.**

KNX es una iniciativa de tres asociaciones europeas: EIBA (European Installation Bus Association), BCI (Batibus Club Internacional) y EHSA (European Home System Association)

Tiene como objetivos:

- Crear un único estándar europeo.
- Mejorar las comunicaciones en medios físicos.
- Nuevos modos de funcionamiento “Plug & Play”.

Con protocolo KNX, al ser el único estándar Abierto Mundial para el Control de Casas y Edificios, se busca establecer un patrón que los fabricantes deban cumplir, esto para dar una mayor diversidad de productos y asegurarle al consumidor final el correcto funcionamiento de los mismos. Dentro del protocolo KNX podemos encontrar tres modos de configuración:

- Modo-S (modo system): los dispositivos son instalados y configurados por profesionales, ayudados por el software que fue diseñado para este propósito.
- Modo-E (modo easy): los dispositivos fueron programados en fábrica, aun así deben ser configurados durante la instalación.
- Modo-A (modo automático): este modo trata primordialmente en que ni el instalador ni el usuario final tengan que configurar el dispositivo, siguiendo la filosofía Plug & Play. (Martínez García, 2005)

- **LonWorks.**

Es un protocolo más robusto que EIB y ha tenido un gran éxito en el sector industrial, oficinas, hoteles, etc., teniendo como objetivo crear una plataforma universal para la cual se pueda implementar cualquier protocolo estandarizado.

La comunicación se realiza mediante intercambio de paquetes de datos, donde cada dispositivo dispone de una dirección o identificación única, en busca de fiabilidad y seguridad en la transmisión, se envían telegramas que contienen la dirección de destino, datos de control, los datos de aplicación de usuario y un código detector de errores (Martínez García, 2005)

El protocolo LonWorks funciona sobre múltiples medios de comunicación, como:

- Cable coaxial.
- Pares trenzados.
- Fibra óptica.
- Radio.

Se tiene con sus características técnicas que es un sistema de comunicación descentralizado, orientado a la gestión de medias y grandes instalaciones, flexible, modular y ampliable.

- **Bacnet.**

El protocolo Bacnet fue creado principalmente para la automatización de las viviendas y redes de control, teniendo como objetivo realizar una gestión energética inteligente, permitiendo interconectar los sistemas de aire acondicionado y calefacción de las viviendas.

Este protocolo se centra en definir una serie de reglas, hardware y software, que permiten comunicarse con otros dispositivos, independiente del protocolo que estas usen. El protocolo implementa la arquitectura OSI, y utiliza el RS-485 como soporte físico.

1.3.7 Sistemas de iluminación.

Como elementos de un sistema de iluminación se tiene:

- Fuente de luz: el tipo de lámpara a utilizar.
- Luminaria: Sirve para aumentar el flujo luminoso y evitar el deslumbramiento.
- Sistema de control y regulación de la luminaria.
- Vida útil: el número de horas que una lámpara puede funcionar.

1.3.8 Tipos de lámparas.

- Lámparas incandescentes



Figura 5 - Lámpara incandescente normal. (Philips Electronics, 2011)

Ventajas: Fácil instalación.

Desventajas: poca eficiencia y corta vida útil.

Vida útil: 1.000 h.



Figura 6 - Lámpara incandescente halógena de Tungsteno. (Philips Electronics, 2011)

Ventajas: menor tamaño, buena reproducción del color y alto flujo luminoso.

Desventajas: emiten radiación ultravioleta.

Vida útil: 2.000 – 5.000 h.

- **Lámparas de descarga**



Figura 7 - Lámpara de sodio de Baja Presión. (Philips Electronics, 2011)

Ventajas: alta eficiencia luminosa y larga vida.

Desventajas: pobre reproducción del color, tiempo de espera prolongado al apagar y encender la bombilla.

Vida útil: 14.000 h.



Figura 8 - Lámpara de sodio de Alta Presión. (Philips Electronics, 2011)

Ventajas: alta eficiencia luminosa y larga vida.

Desventajas: pobre reproducción del color.

Vida útil: 16.000 h.



Figura 9 - Lámpara de mercurio de Baja Presión. (Philips Electronics, 2011)

Ventajas: bajo consumo energético y larga vida útil.

Desventajas: tonalidad fría en la reproducción de colores y alto costo.

Vida útil: 10.000 h.



Figura 10 - Lámparas de mercurio de Alta presión. (Philips Electronics, 2011)

Ventajas: bajo consumo energético, larga vida útil y buena eficiencia luminosa.

Desventajas: pobre reproducción del color y alto costo.

Vida útil: 16.000 h.



Figura 11 - Lámpara de Halogenuros Metálicos. (Philips Electronics, 2011)

Ventajas: luz blanca y muy buena eficiencia luminosa.

Desventajas: corta vida útil, alto costo y necesita enfriamiento para un reencendido.

Vida útil: 9.000 h.

- LED



Figura 12 - LED (light emitting diode)

Ventajas: respuesta rápida, larga vida útil y bajo consumo energético.

Desventajas: alto costo.

Vida útil: 100.000 h.

1.3.9 Sistema de temperatura

El efecto Peltier se caracteriza por la aparición de una diferencia de temperaturas entre las dos caras de un semiconductor cuando por él circula una corriente eléctrica. Una celda Peltier está conformada por dos materiales semiconductores uno tipo P y otro tipo N.

Internamente la celda Peltier posee elementos semiconductores altamente impurificados y dispuestos eléctricamente en serie mediante conductores de cobre. Para aislar los conductores de cobre del disipador se agrega entre ellos una placa de cerámica que funciona como aislante.



Figura 13 - Celda Peltier (Sandoval, Espinosa, & Barahona, 2007)

2. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

Etapas 1: Caracterizar los tipos de interacción de un paciente adulto hospitalizado

- **Recolectar información sobre las necesidades, respecto a iluminación y temperatura, de los pacientes en el área de hospitalización**

Se habla con las enfermeras encargadas de hospitalización-adulto para saber las necesidades de los pacientes que allí se encuentran. Además se realiza una rotación por esta área para tener una mayor claridad y conocimiento sobre las necesidades anteriormente planteadas.

- **Recolección de datos de encuestas hechas por el hospital a los pacientes.**

Se toman los datos de las encuestas que el hospital realiza a los pacientes antes de ser dados de alta. Esto se realiza con el fin de tener documentadas las sugerencias de los pacientes y poder identificar nuevas necesidades.

Etapla 2: Selección de métodos

- **Identificar protocolos de comunicación y métodos de control**

Se identifican los protocolos de comunicación y controladores a implementar, respecto a las variables: iluminación y temperatura por los proveedores.

- **Definir protocolo de comunicación y método de control**

Seleccionar con que protocolos de comunicación se implementará la interfaz, para la correcta comunicación con los dispositivos que controlan la iluminación y temperatura, teniendo en cuenta los protocolos más utilizados en la actualidad.

- **Seleccionar componentes**

Elegir los componentes a ser usados, como sensores y actuadores. Para un correcto acople con los protocolos de comunicación y con las señales que deben ser interpretadas.

Etapla 3: Diseño de software

- **Especificación de interfaz gráfica**

Se realiza un proceso de arquitectura de software con una herramienta de diseño UML (Enterprise Architect) para el desarrollo de la interfaz gráfica, se proponen distintos tipos de interfaz y posteriormente se entra a identificar cuál sería la más apropiada para utilizar, respecto a su facilidad de entendimiento para el usuario y tecnologías actuales.

- **Elaboración de software**

Utilizando software como labview, matlab o processing, se realiza la programación para el correcto funcionamiento entre la interfaz y los dispositivos que controlan la iluminación y temperatura.

Etapas 4: Evaluar integración

- **Desarrollo de prototipo**

Se realiza un prototipo de habitación para la integración de la interfaz con los demás componentes del sistema domótico.

- **Evaluar los componentes**

Se verifica que los componentes del sistema de iluminación y temperatura estén en buenas condiciones para ser integrados a la interfaz, para así observar su correcto funcionamiento y su fácil manejo.

3. DISPOSITIVO DE CONTROL Y TEMPERATURA

En esta fase del trabajo se busca exponer y desarrollar los componentes que permiten alcanzar el objetivo general del proyecto. A continuación se realizará una caracterización de cada uno de ellos, describiéndolos por medio de capítulos.

3.1 CAPÍTULO 1: CONDUCTAS MANIFIESTAS EN PACIENTES HOSPITALIZADOS.

El ser humano interactúa a partir del espacio en el cual pueda desarrollarse, creando conductas específicas según el entorno. En esta ocasión las conductas se caracterizan por un espacio reducido como lo es una habitación de hospitalización.

La metodología de enfoque cualitativo utilizada en esta parte del proyecto se tuvo en cuenta porque facilita la interpretación subjetiva y particular del paciente frente a un entorno específico. El área de hospitalización se caracteriza por las condiciones de temperatura, higiene, ambiente interno de la habitación, iluminación natural y artificial, entre otros aspectos que pueden influir en la estadía del paciente en el hospital. Para corroborar esta información se aplicó una encuesta con preguntas cerradas, enfocadas a la comodidad

visual, a un total de 403 usuarios. La estructura de la encuesta arrojó resultados de satisfacción, indiferencia e inconformidad frente al servicio prestado.

Las siguientes gráficas muestran los resultados de la encuesta aplicada a los pacientes después de ser dados de alta.

| | Buena | Regular | Mala | Total |
|------------------|-------|---------|------|-------|
| Comodidad Visual | 385 | 18 | 0 | 403 |

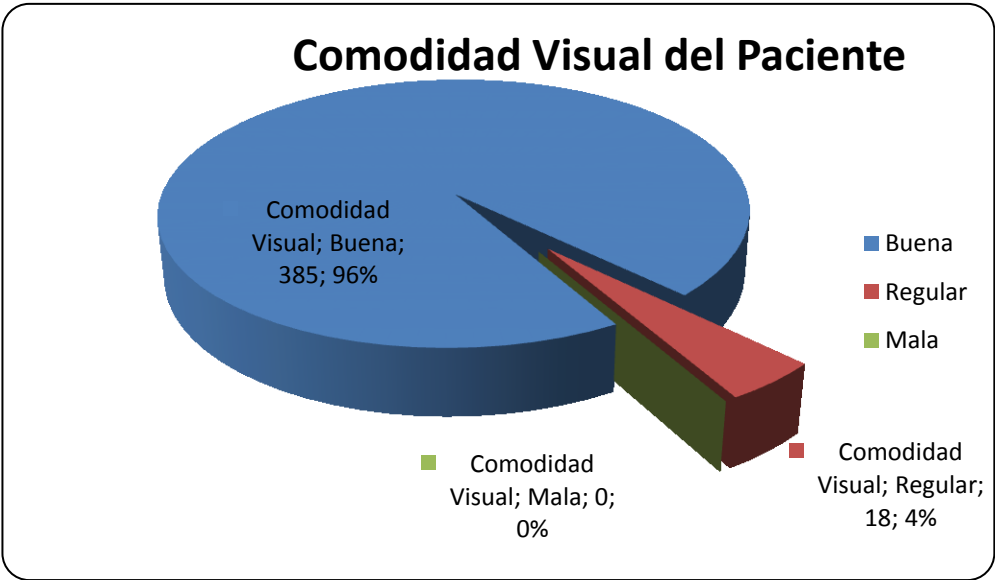


Figura 14 - Comodidad visual del paciente (Encuesta realizada en el Hospital Pablo Tóbon Uribe)

| | Buena | Regular | Mala | Total |
|------------------|-------|---------|------|-------|
| Comodidad Visual | 346 | 50 | 7 | 403 |

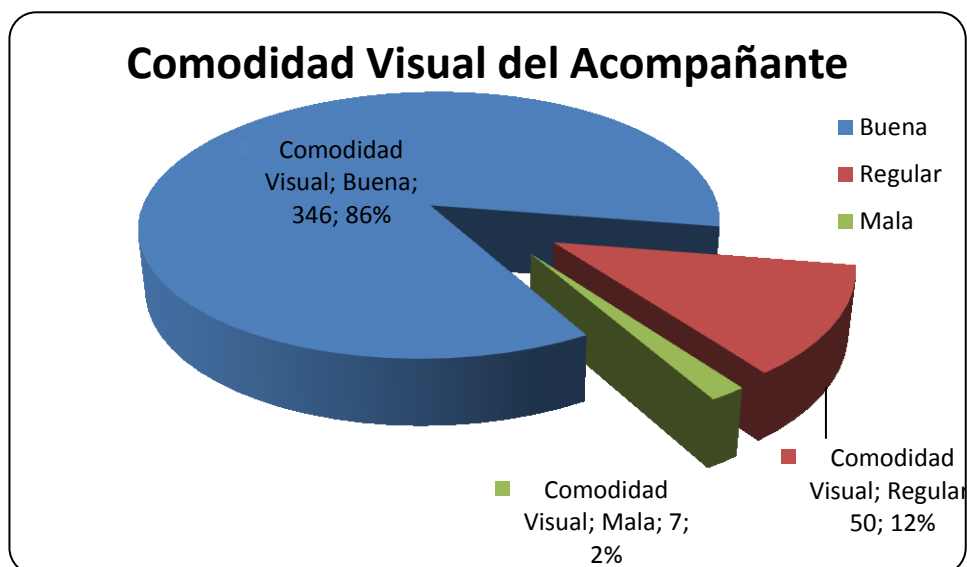


Figura 15 - Comodidad visual del acompañante (Encuesta realizada en el Hospital Pablo Tóbon Uribe)

| | Buena | Regular | Mala | Total |
|-------------|-------|---------|------|-------|
| Temperatura | 351 | 42 | 10 | 403 |

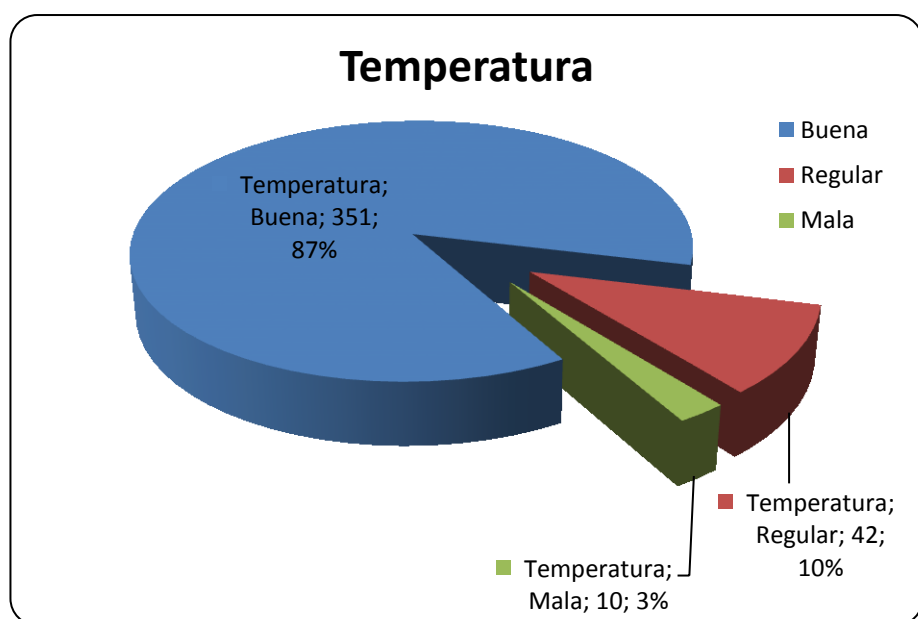


Figura 16 - Temperatura de la habitación (Encuesta realizada en el Hospital Pablo Tóbon Uribe)

La información anterior es la base para proceder al siguiente paso; buscar el mejoramiento de los servicios prestados por parte del hospital a los usuarios, esto se logró a partir de la comparación entre la mirada y la experiencia de las jefes de enfermería que laboran en este y los pacientes. Para ello se aplicó otra encuesta con preguntas abiertas, cuyo objetivo era describir las características del entorno y como este influye en las conductas del paciente.

Frente a los resultados esperados, los datos que arrojó la encuesta fueron en su gran mayoría de inconformidad frente a los espacios y procesos que facilitan la prestación del servicio, pero a su vez se brindó la oportunidad de que las enfermeras expresaran posibles sugerencias para mejorar la calidad en sus labores y el servicio que les ofrecen a los pacientes.

Este primer acercamiento en el proyecto permitió contextualizar la dinámica interna del hospital a partir de dos referencias, la percepción del paciente frente al servicio evidenciado en sus conductas y las características del entorno que limitan o no, que el servicio sea prestado con la mejor calidad.

Se debe aclarar que las dos encuestas fueron realizadas por el hospital.

La interacción del paciente con el entorno de su habitación está mediado por los siguientes aspectos: capacidad de tres camas procurando que los pacientes ubicados en estas tengan o compartan patologías similares. Las camas están situadas contra la pared de tal forma que tres de sus lados queden libres para poder facilitar la atención a los pacientes por los lados laterales y los pies. Estas no se encuentran debajo del ventanal ni próximas a las puertas de la habitación. Los accesorios adicionales de las camas son: barandillas laterales, sistema electrónico, almohada, colchón y manivela.

Algunas habitaciones también cuentan con televisor, teléfono, luz natural, ventilación para renovar el aire, un sistema de intercomunicación para permitirle al personal dar una respuesta rápida a las solicitudes de los pacientes. Los muros de la habitación se encuentran pintados con colores sin brillo y claros. Estas habitaciones son grandes para garantizarles comodidad tanto al paciente en su estadía y a los enfermeros en su atención y prestación del servicio; también tienen puertas amplias para permitir la movilidad de camillas con soporte o pie de suero, (en el se colocan las botellas de líquidos

para perfusión), para entrar y salir de la habitación. La iluminación de las habitaciones está dada por una lámpara de techo y otra de mesa por cama.

3.2 CAPÍTULO 2: PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN, MÉTODOS DE CONTROL Y COMPONENTES.

Para el desarrollo del dispositivo se identificaron varios protocolos de comunicación, técnicas de control y componentes, los cuales se irán describiendo y justificando el uso de estos a medida que se vaya desplegando el contenido de este capítulo.

En primera instancia se buscó la implementación de software y hardware que tuvieran código OpenSource y una electrónica abierta respectivamente, esto con el fin de facilitar la búsqueda de librerías, recursos y reducir costos con respecto al tema de licencias. Este pensamiento llevó a que para el desarrollo del dispositivo se implementara un Arduino Mega para el control de los componentes, la aplicación TouchOSC iPhone App para diseñar la interfaz en el iPhone y el software processing, el cual permite la comunicación entre el Arduino, el ordenador y el iPhone.

La comunicación entre la aplicación del iPhone (interfaz) y el processing se debe realizar entre la misma red inalámbrica, se debe identificar la IP del ordenador donde se tiene instalado el processing el cual actúa como host y se deben configurar los puertos de entrada y salida por los cuales se comunicarán las dos aplicaciones. Por otra parte la comunicación entre el processing y el arduino se realiza mediante la instalación de la librería Firmata con algunas modificaciones en su código, agregándole las librerías propias del control PID, esta comunicación se realiza utilizando los comandos propios de la librería (el archivo a subir al arduino tiene como nombre "StandarFirmata"); se debe tener en cuenta que al hacer uso de este método de comunicación se tiene una limitante ya que el Firmata no posee implementado todas las funcionalidades del arduino y solo se podrán usar sensores y actuadores "básicos".



Figura 17 - Arduino Mega (Arduino, 2012)

Los valores de la temperatura y la iluminación serán tomados por los sensores LM35 y una fotorresistencia (LDR) respectivamente y posteriormente se envían estos valores a los controladores propios de dichas variables.

El LM35 es un sensor de temperatura que puede medir entre un rango de -55°C y 150°C con una precisión de 1°C .

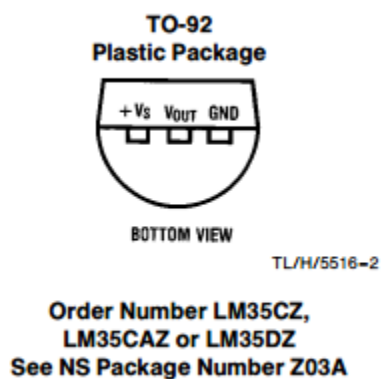
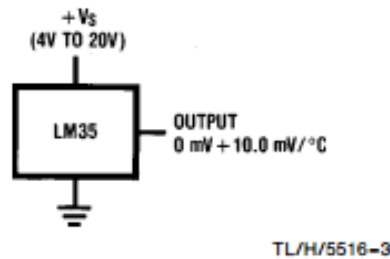


Figura 18 - Sensor de temperatura LM35 (Semiconductor, 1994)

Pero al conectarlo de forma básica este puede medir un rango que va entre 2°C y 150° , los valores necesarios en temperatura que se necesitan para este trabajo, (de 18° a 20°C). Se debe tener en cuenta que la salida de de los valores es lineal y equivale a $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$.



**FIGURE 1. Basic Centigrade
Temperature
Sensor (+ 2°C to + 150°C)**

Figura 19 - Conexión del sensor LM35 (Semiconductor, 1994)

El confort térmico depende de la actividad corporal y de la vestimenta, así como de la temperatura ambiente en el local, temperatura del aire impulsado, velocidad del aire, grado de turbulencia y humedad del aire ambiente. Los criterios de confort que tienen en cuenta las influencias mencionadas vienen definidos en la Norma UNE-EN ISO 7730. (ASEPEYO, 2005)

La habitación del hospital debe tener una temperatura ambiental que oscile entre 20° y 22°, para que tenga unas condiciones higiénicas que la hagan más cómoda y segura.

La calidad del aire acondicionado interior en un hospital va mucho más allá de proveer un confort térmico a los pacientes, ya que este merece una muy buena calidad para evitar la propagación de enfermedades, contagios de un paciente a otro y niveles de crecimiento bacteriano. (Hernández, 2011)

El sensor se ubicará en la parte superior de la habitación para que se pueda medir de manera constante la temperatura a la que se encuentra la habitación y envíe el valor de esta variable al processing.

El LDR o fotorresistencia es un dispositivo cuya resistencia óhmica es una función de la iluminación recibida sobre su superficie. La resistencia óhmica disminuye cuando hay luz incidiendo sobre el dispositivo, puede llegar hasta los 50 ohm.

La dependencia entre resistencia e iluminación se ve reflejada mediante la siguiente función:

$$R = A \cdot L^{-\alpha}$$

Donde R es la resistencia en ohmios, L es la iluminación en lux y A, α son constantes que dependen del tipo de material con que se ha construido la fotorresistencia. Esta dependencia se convierte en lineal si se utiliza escala logarítmica, tal y como se presenta en la figura:

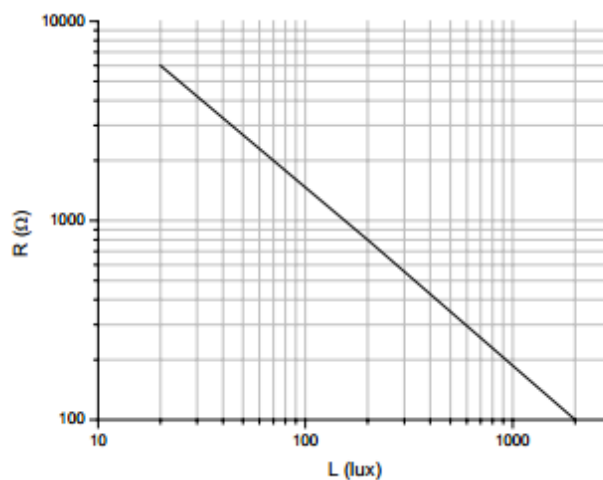


Figura 20 - Dependencia entre iluminación y resistencia para una LDR típica (Calibrado de una LDR, 2003)

- **Control proporcional integral:**

El control Integral tiene como objetivo disminuir y eliminar el error en estado estacionario, que surge por el control proporcional.

El error es integrado, esto quiere decir que se debe promediar o sumar por un valor de tiempo determinado y se multiplica por una constante de integración, para así poder añadirla al control proporcional y obtener una respuesta estable sin error estacionario.

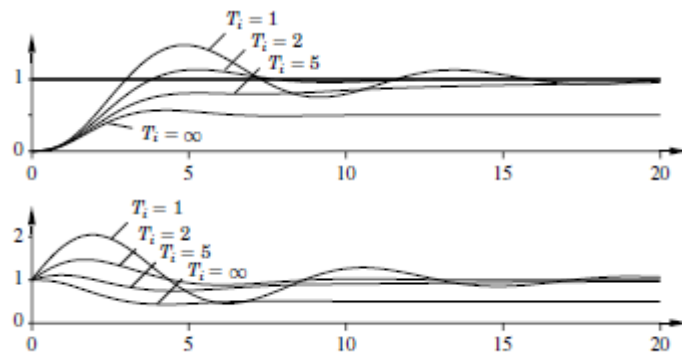


Figura 21 - Simulación de un sistema con control proporcional e integral (Aström, 2002)

- **Control proporcional, integral y derivativo:**

El modo derivativo se presenta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error (el error es la desviación que existe entre el punto de medida y el set-point) y su tarea principal es mantener el error al mínimo, corrigiéndolo de forma proporcional a la velocidad con que ocurre y así evitando que el error aumente.

La tarea de la acción derivativa es mantener el error al mínimo corrigiéndolo proporcionalmente con la velocidad misma que se produce; de esta manera evita que el error se incremente.

El control PID es un mecanismo de control que calcula la desviación o error entre un valor medido y uno que se quiere obtener, para así poder aplicar una acción que pueda ajustar el proceso.

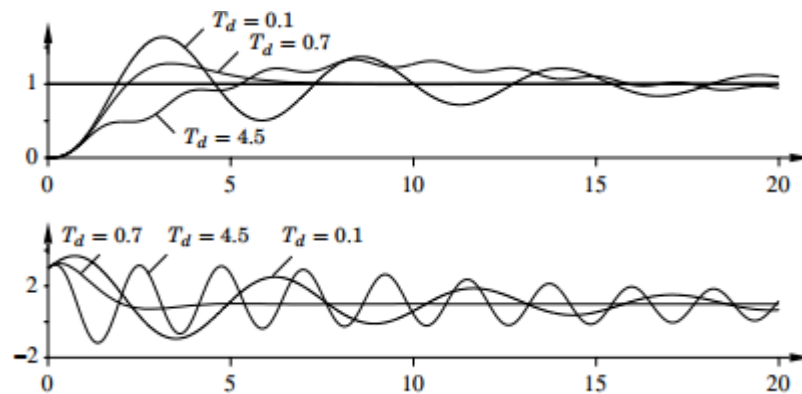


Figura 22 - Simulación de un sistema a lazo cerrado con control proporcional, integral y derivativo (Aström, 2002)

El uso de los modos de control, es siempre conforme a las características del proceso, en la figura 24 se puede observar la función de transferencia obtenida para la configuración del control de iluminación seleccionado (PID) utilizando el software Matlab.

```

Process model with transfer function

$$G(s) = K_p \cdot \frac{1 + T_z \cdot s}{(1 + T_{p1} \cdot s)(1 + T_{p2} \cdot s)(1 + T_{p3} \cdot s)} \cdot \exp(-T_d \cdot s)$$

with  Kp = 0.055652
      Tp1 = 0.0035424
      Tp2 = 0.001
      Tp3 = 0.048819
      Td = 0.045522
      Tz = 0.036974
Estimated using PEM using SearchMethod = Auto from data set mydata
Loss function 0.00031598 and FPE 0.000316165

```

Figura 23 - Función de transferencia

El parámetro a tener en cuenta para la selección del controlador fue la velocidad de operación, debido a que la iluminación requiere de una acción rápida de control, en pocas palabras, la corrección del error en el menor tiempo posible.

| Controlador | Velocidad de Reacción | Descripción |
|-------------|------------------------------------|---|
| Dead-beat | Rápida | Este tipo de control no goza de una reputación excesivamente favorable porque habitualmente se requiere una señal de control de amplitud muy grande para obtener la respuesta dead-beat. De hecho en este tipo de control, el único parámetro de diseño que se ha de elegir es el tiempo de muestreo. |
| Adaptativo | Depende de la dinámica del proceso | El termino adaptativo se refiere a la facultad de cambiar el comportamiento o parámetros del control, a cambios en el sistema controlado. Un controlador adaptativo es aquel que puede modificar su comportamiento en respuesta a cambios en la dinámica del sistema y/o en las perturbaciones a las que se ve sometido dicho sistema. Su sintonía no suele ser tan sencilla como la de los clásicos controladores PID, pero puede ser ventajoso en sistemas cuya dinámica varía. |
| PID | Rápida | El controlador PID es usado en la mayoría de los procesos industriales, esto se debe a la facilidad de sincronización, por esto se toma este tipo de controlador para ser implementado. |

Tabla 1 - Comparación de controladores.

En las siguientes gráficas se muestra el funcionamiento del controlador PID, teniendo presente su comportamiento con diferentes porcentajes de iluminación (la línea verde es el set-point, la línea roja es la señal de entrada registrada por la fotoresistencia y la línea azul es la señal de salida):

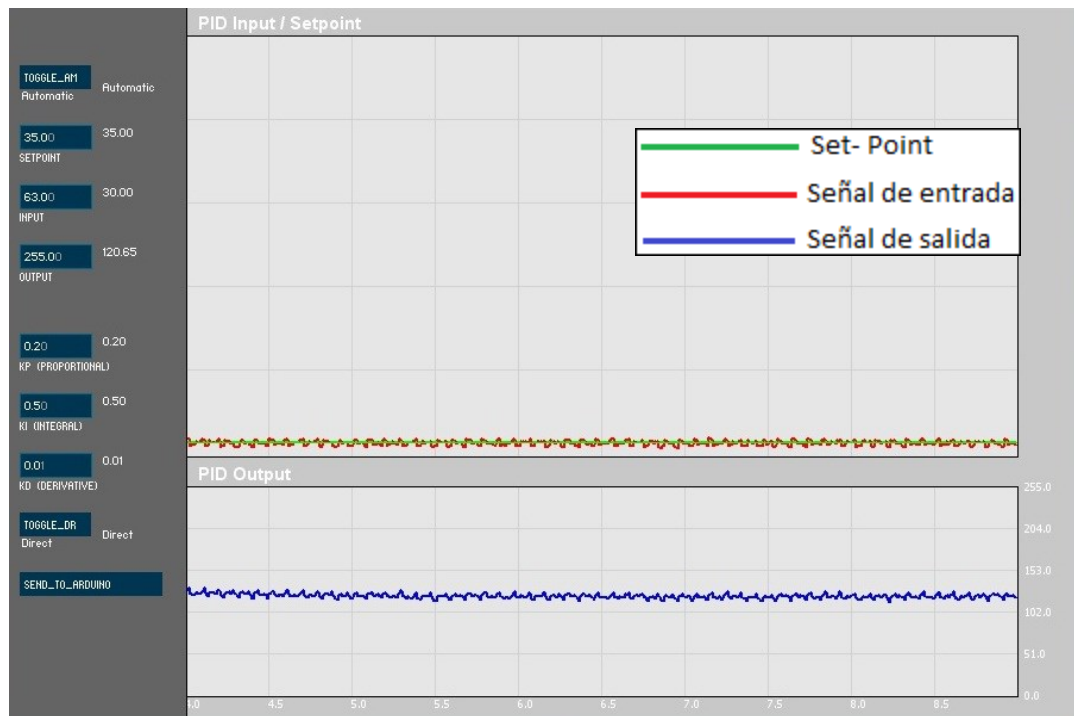


Figura 24 - PID de iluminación al 50%

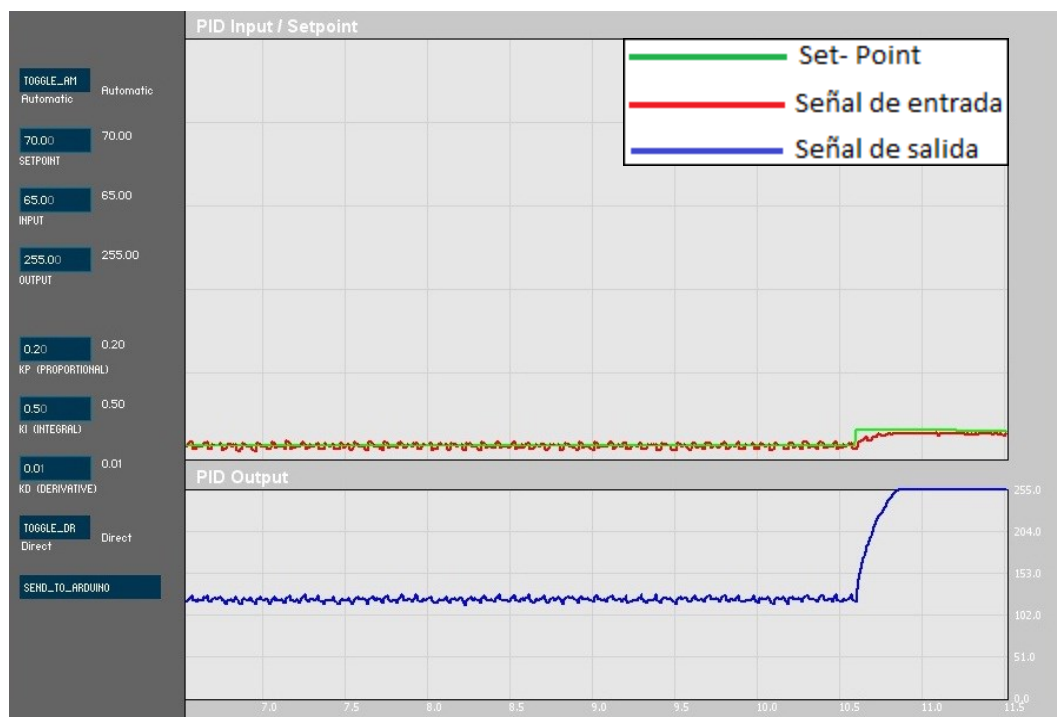


Figura 25 - PID de iluminación al 100%

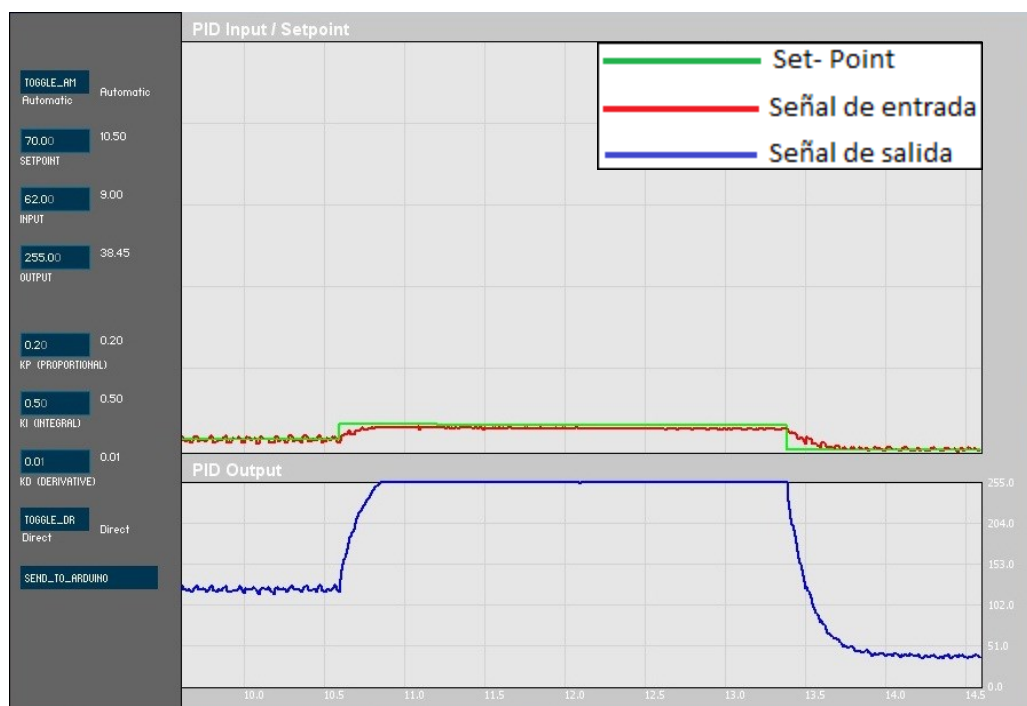


Figura 26 - PID de iluminación al 15%

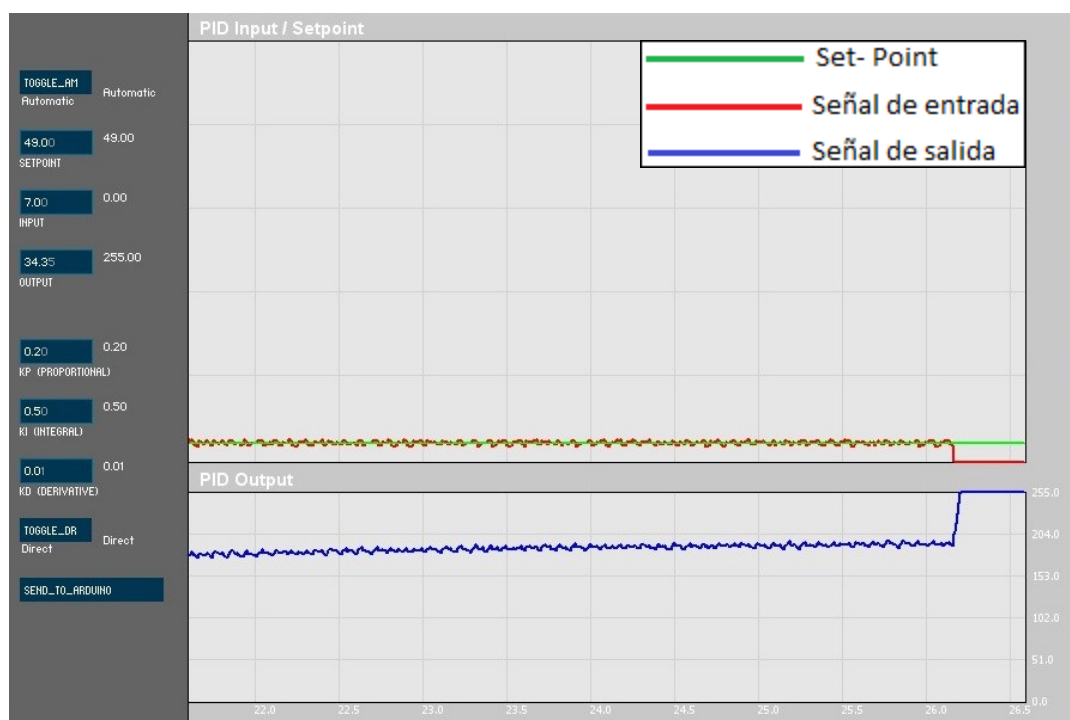


Figura 27 - PID de iluminación al 70% cubriendo el sensor

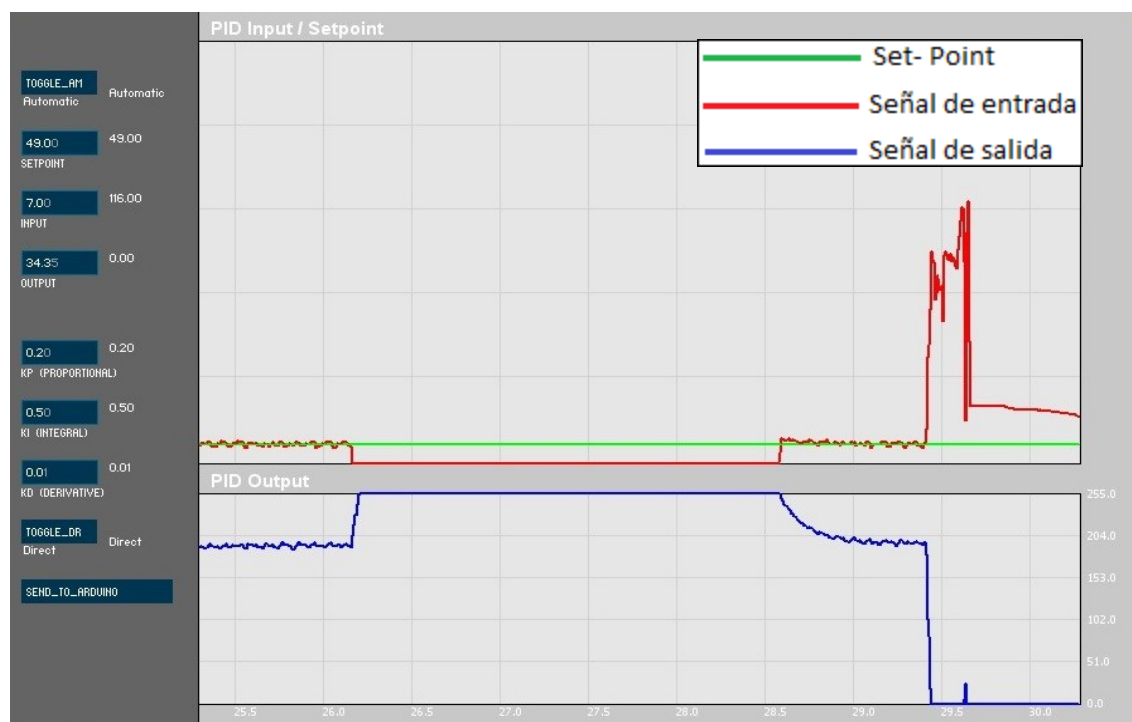


Figura 28 - PID de iluminación al 70% iluminando el sensor

3.3 CAPÍTULO 3: DESARROLLO E INTEGRACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA.

En este punto del trabajo se procede a realizar la interfaz gráfica del dispositivo con la cual interactuará el paciente y los componentes de la habitación. Esta interfaz estará asociada a un proceso de desarrollo de software en cual se sacarán requisitos, casos de usos y un diagrama del flujo del proceso soportado en la herramienta de diseño UML, Enterprise Architect.

Como primer paso se identifican las condiciones y los elementos que debe contener o permitir la interfaz para cumplir satisfactoriamente las necesidades del usuario (Ver figura 30) y a su vez sacando provecho de las tecnologías de comunicación que se usan en la actualidad.

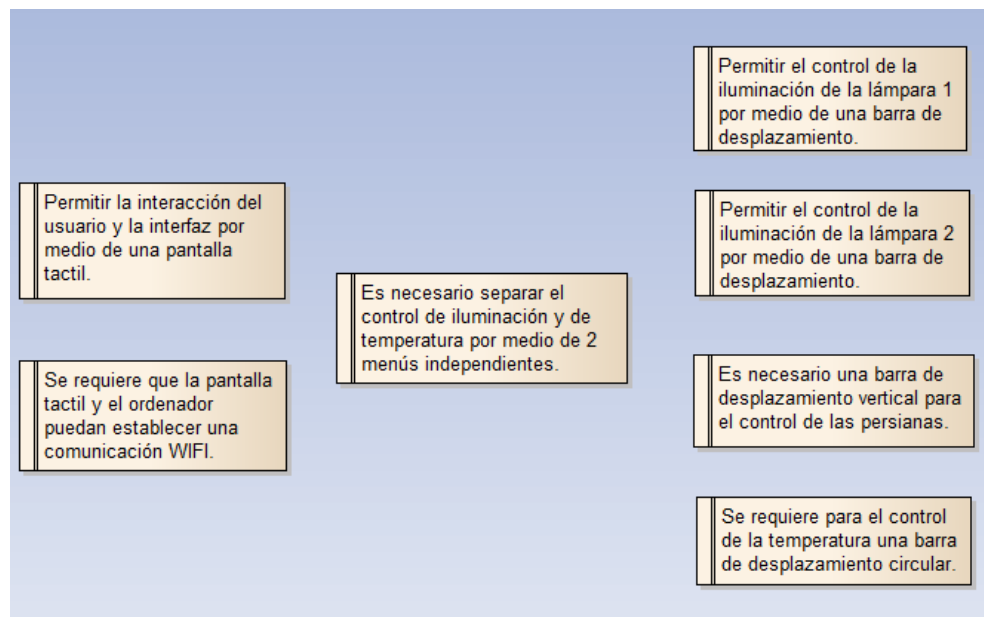


Figura 29 - Toma de requisitos

Luego se procede a diseñar un diagrama de casos de uso de los requisitos mencionados anteriormente, para establecer y especificar el comportamiento y la comunicación necesarios para que la interacción entre el usuario y el sistema sea lo más eficiente posible.

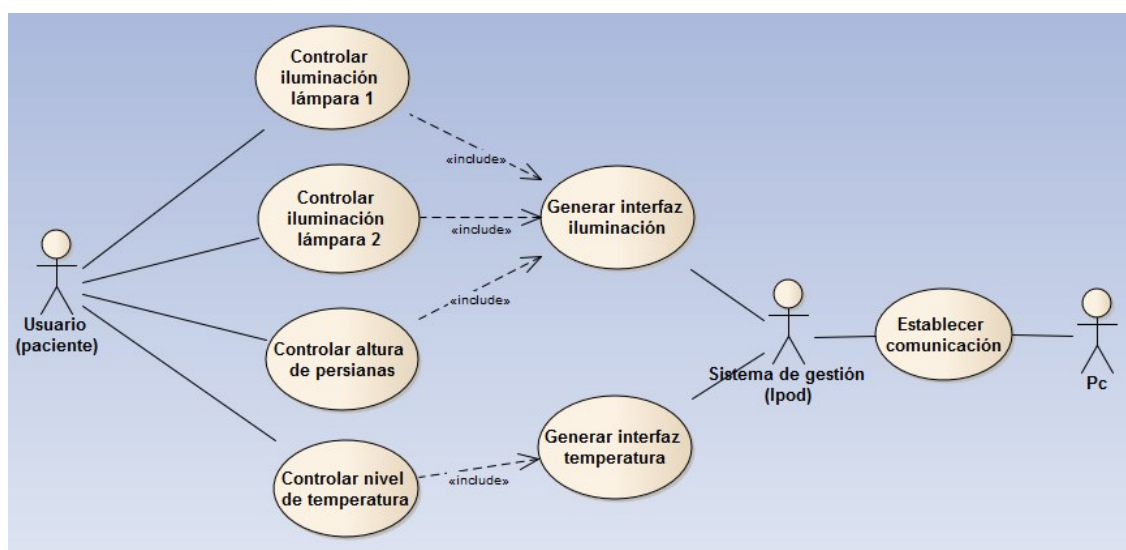


Figura 30 - Diagrama casos de uso del sistema

A continuación se establece el diagrama de flujo del proceso en donde se muestra los pasos o el camino que toman las opciones que se van a plasmar en la interfaz, desde el ingreso del usuario hasta la recepción de los datos por parte del sistema que contiene la pantalla táctil.

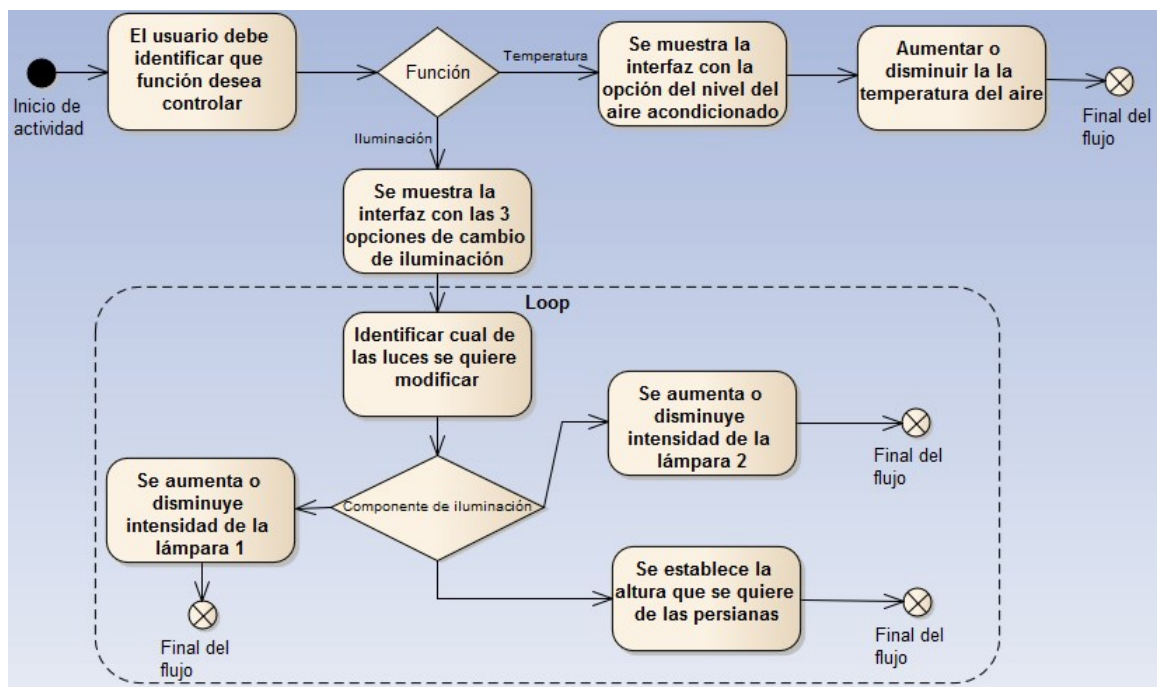


Figura 31 - Diagrama del flujo del proceso

Posterior al proceso de desarrollo de software, se proponen dos tipos de interfaz, las cuales serían implementadas. Se muestran a continuación cuales serían las opciones:



Figura 32 - Prototipo de interfaz #1



Figura 33 - Prototipo de interfaz #2

Si se observan y se comparan las 2 interfaces, es mucho más agradable a la vista la opción #1, pero para el desarrollo de este trabajo se tomo la opción #2 como la alternativa apropiada, por la facilidad de manejo y porque los componentes quedan a la vista al llamar la variable – iluminación y/o temperatura como se puede observar en la figura 34; además la pantalla táctil de la opción #1 se tenía que traer desde Europa y el lenguaje de programación se encuentra en idioma Alemán, y no se contaba con el soporte y los manuales necesarios con los cuales apoyarse, mientras que la opción #2 es un aplicación que se implementa en un Iphone / Ipod Touch, los cuales son fáciles de obtener y los manuales para comprender el lenguaje de programación de sus aplicaciones pueden ser fácilmente encontrados en la red.

En la figura 35 se puede observar la interfaz como la muestra el ordenador, diseñada con los códigos propios de la aplicación Processing, además se pueden obtener y mostrar los porcentajes a los cuales están operando los componentes del sistema y la temperatura en la que se encuentra la habitación.



Figura 34 - Interfaz Processing

3.4 CAPÍTULO 4: CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.

Debido a que el prototipo fue realizado de forma física y se ve la necesidad de plasmarlo en el trabajo, en este capítulo se procederá a mostrar imágenes tomadas a este con una corta descripción de su contenido.

En las siguientes imágenes se puede observar el diseño de la habitación con las siguientes dimensiones: 80 cm. de largo, 40 cm. de ancho y 50 cm. de alto. Se puede identificar la entrada de la habitación, un ventanal panorámico el cual llevará las persianas que ayudarán a controlar la intensidad de la iluminación, el pasillo en el que estará ubicada la cama del paciente y los muebles brindados para la estadía del acompañante, el baño y adyacente a él un espacio que se dispondrá para instalar el sistema de temperatura.

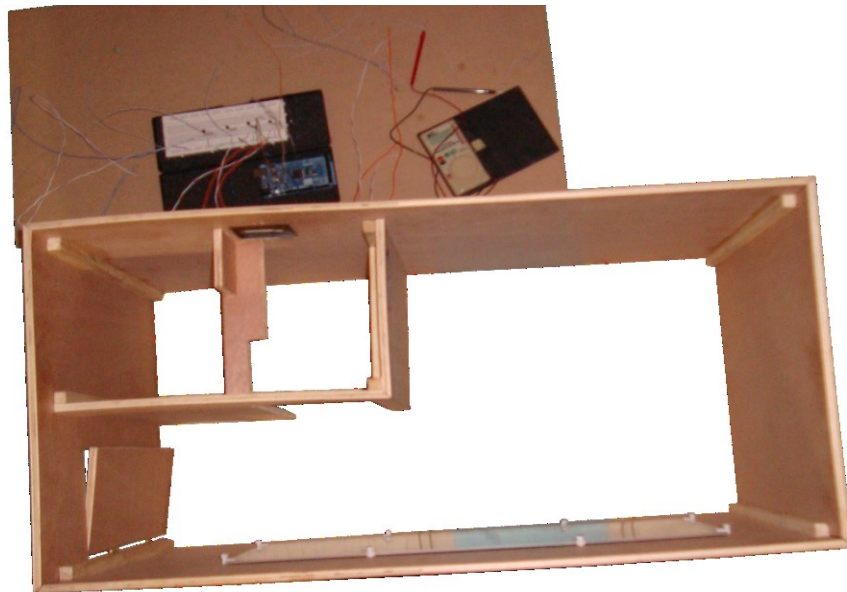


Figura 35 – Diseño de la maqueta

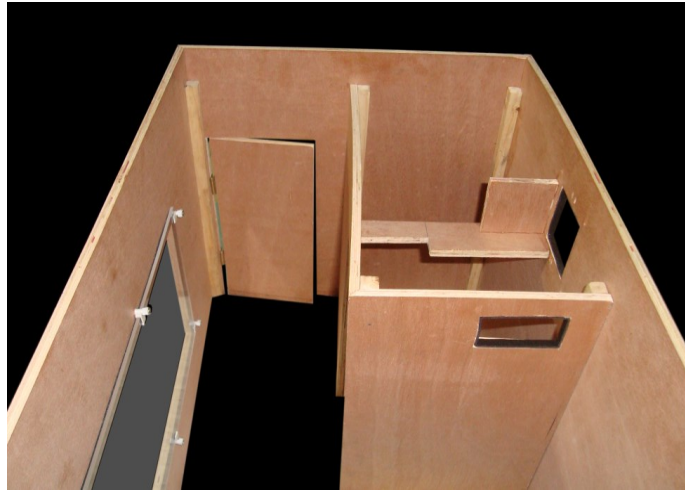


Figura 36 – Vista lateral de la habitación

El sistema de temperatura está compuesto por una celda peltier, a la cual se le agregaron disipadores de calor y ventiladores para facilitar y maximizar el flujo de las corrientes de aire ya sean para el enfriamiento o calentamiento de la habitación.



Figura 37 – Sistema de temperatura

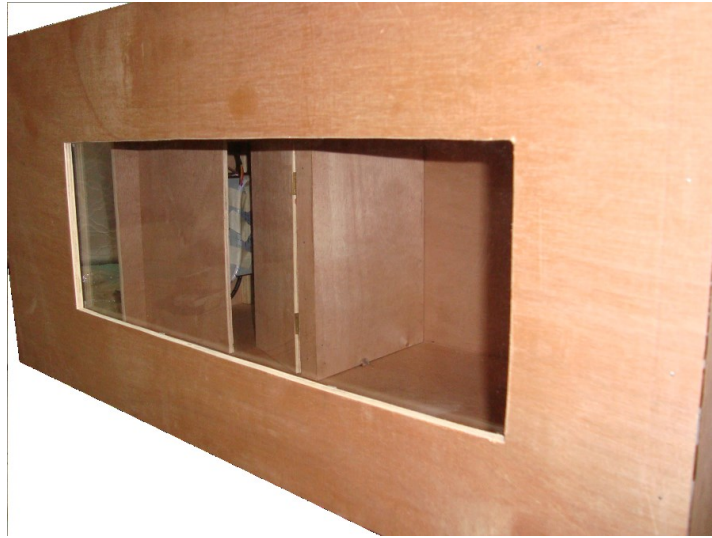


Figura 38 – Ubicación sistema de temperatura

La fotorresistencia para el control de la iluminación fue ubicada en el piso de la habitación para así asegurar un mejor manejo al obtener los datos de esta variable ya que es el último lugar que se ilumina.



Figura 39 – Ubicación fotorresistencia

La persiana que se encuentra en la parte superior del ventanal permite controlar la entrada de la luz solar, facilitando lograr la intensidad de la iluminación que solicite el paciente en horas de la mañana y de la tarde disminuyendo el uso de electricidad y aumentando la utilización del recurso natural; el usuario podrá establecer la altura de las persianas por medio de la interfaz que se le presenta en la pantalla táctil.



Figura 40 – Persianas del ventanal panorámico

Se pueden ver los LEDs que brindarán la iluminación en el cuarto y entre ellos se puede identificar el sensor LM35, el cual se encargará de tomar los datos de la temperatura en la habitación.

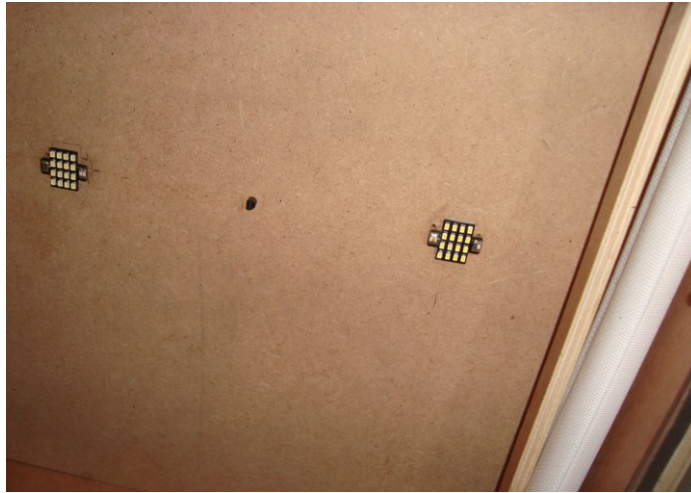


Figura 41 - LEDs para la iluminación

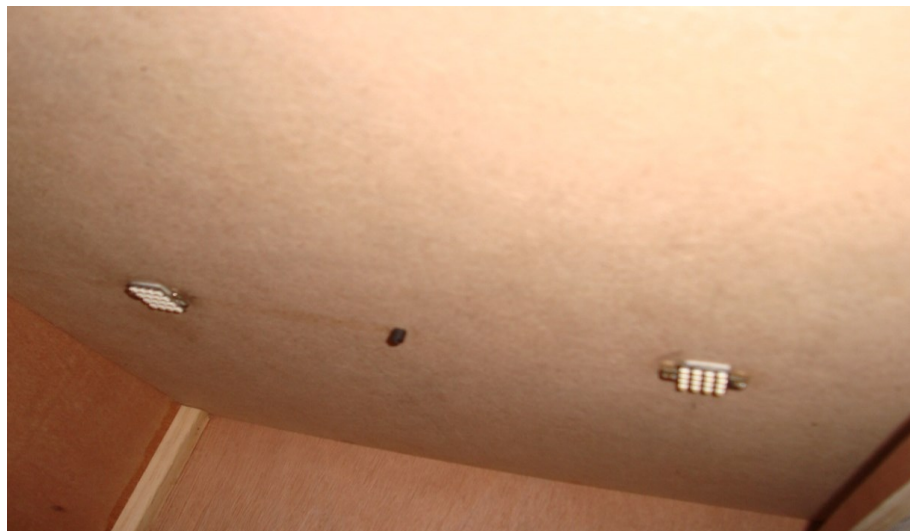


Figura 42 - Sensor de temperatura

Se observa el arduino y la protoboard (elemento usado por tratarse de un prototipo en maqueta) conectados entre sí y a los demás componentes como son los LEDs que simularán las lámparas de la habitación y la persiana del ventanal. El arduino y la protoboard serán ubicados en la parte superior del cielo falso de la habitación del hospital.

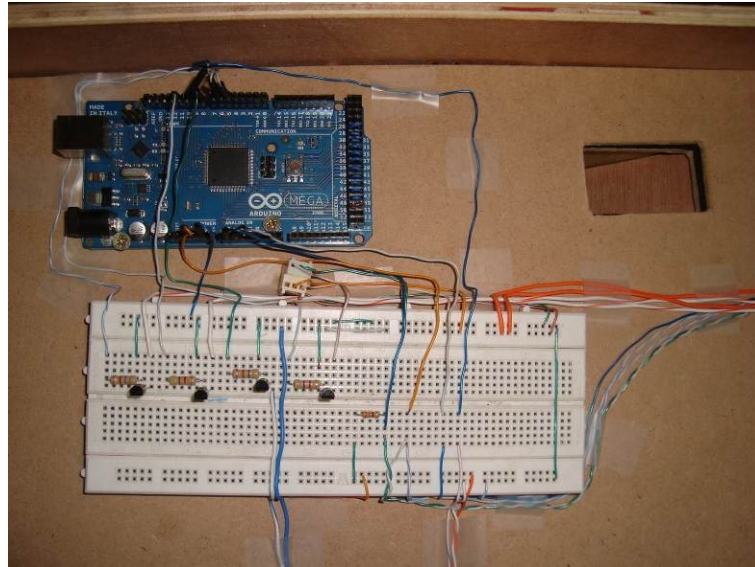


Figura 43 - Arduino y protoboard

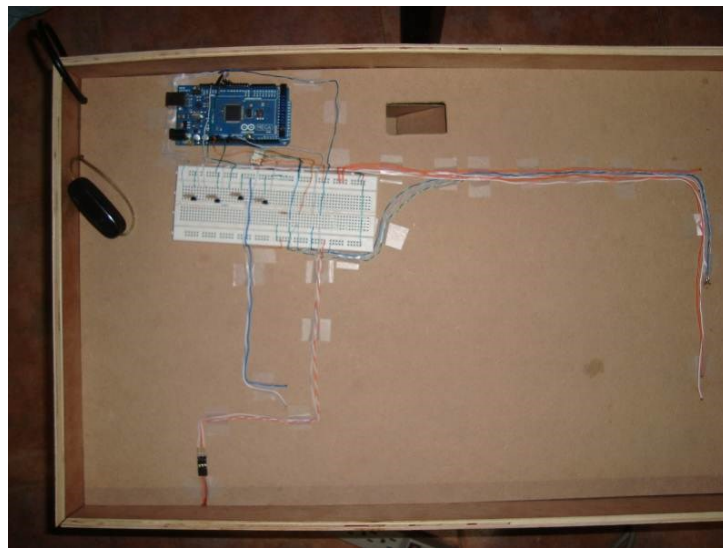


Figura 44 – Ubicación arduino y protoboard

Por último se muestra como quedaron diseñadas las interfaces del usuarios e integradas al Iphone Touch, la interfaz para el control de la iluminación y la interfaz para el control de la temperatura respectivamente.

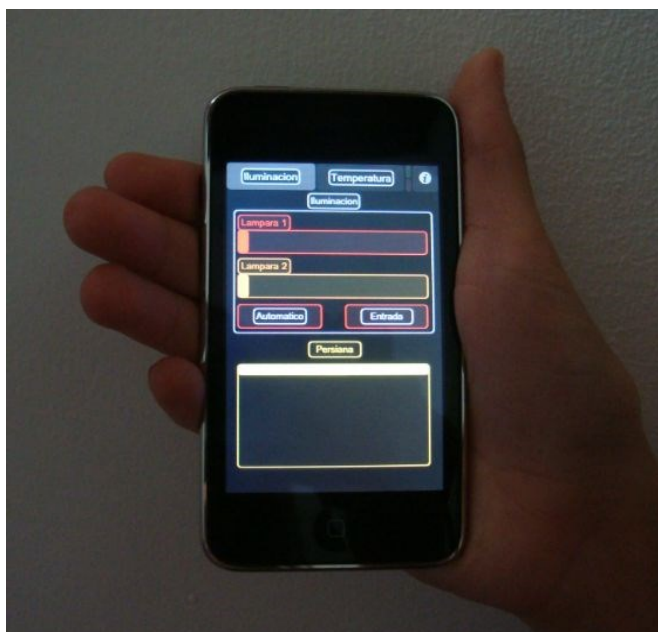


Figura 45 - Interfaz control de iluminación

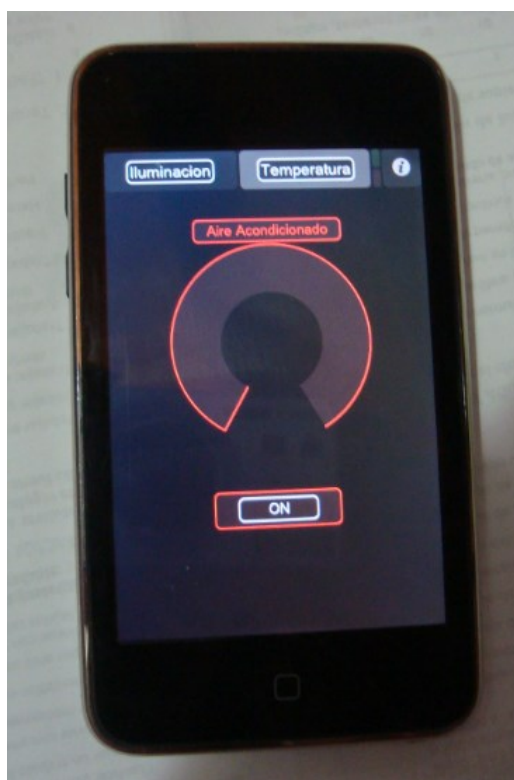


Figura 46 - Interfaz control de temperatura

Como complemento al proyecto y con el fin de evaluar el prototipo y su modo de operación a través de una pantalla táctil, se realizó un testeo, con 24 personas, seleccionadas de manera aleatoria, inicialmente manipulando el prototipo – modo práctico - y luego con una encuesta, a tres grupos de personas conformados por 8 jóvenes (5 hombres y 3 mujeres) entre los 15 y 25 años; 8 personas adultas (4 hombres y 4 mujeres) entre los 30 y 45 años y 8 adultos mayores (5 hombres y 3 mujeres) entre 50 y 60 de años de edad.

Se plantearon 5 preguntas cerradas y 1 de ellas abierta y opcional (ver anexo 2) en las cuales se expresa su resultado en las siguientes gráficas:

1. *¿Le llama la atención la tecnología y las facilidades de comunicación de hoy en día?*

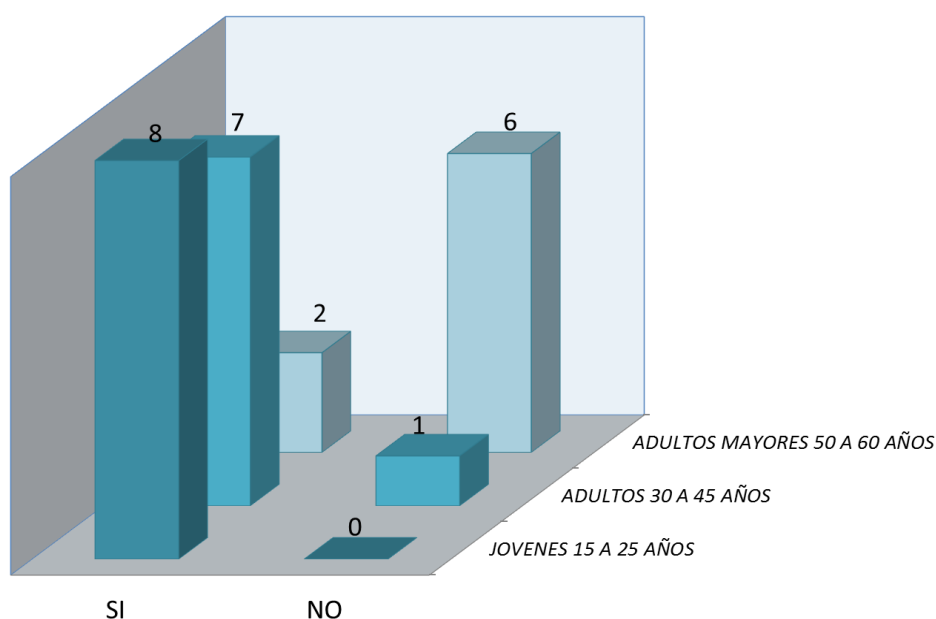


Figura 47 - Pregunta n°1 de la encuesta

2. ¿Le gustaría experimentar con una pantalla táctil el manejo y control de un programa?

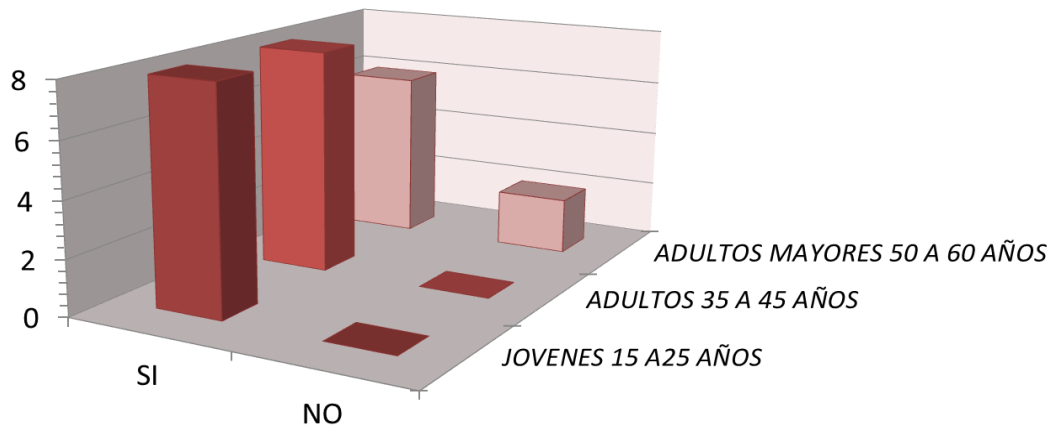


Figura 48 - Pregunta n°2 de la encuesta

3. ¿Quiere experimentar el controlar por usted mismo la iluminación de la habitación de este prototipo? Hágalo usted mismo

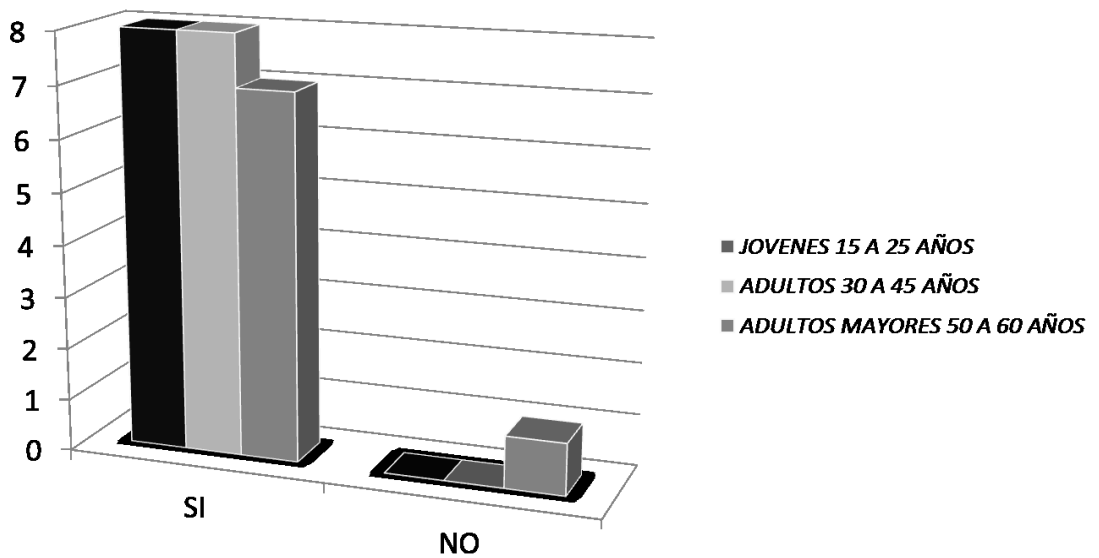


Figura 49 - Pregunta n°3 de la encuesta

4. ¿Le pareció fácil controlar desde esta pantalla táctil la persiana de la habitación?

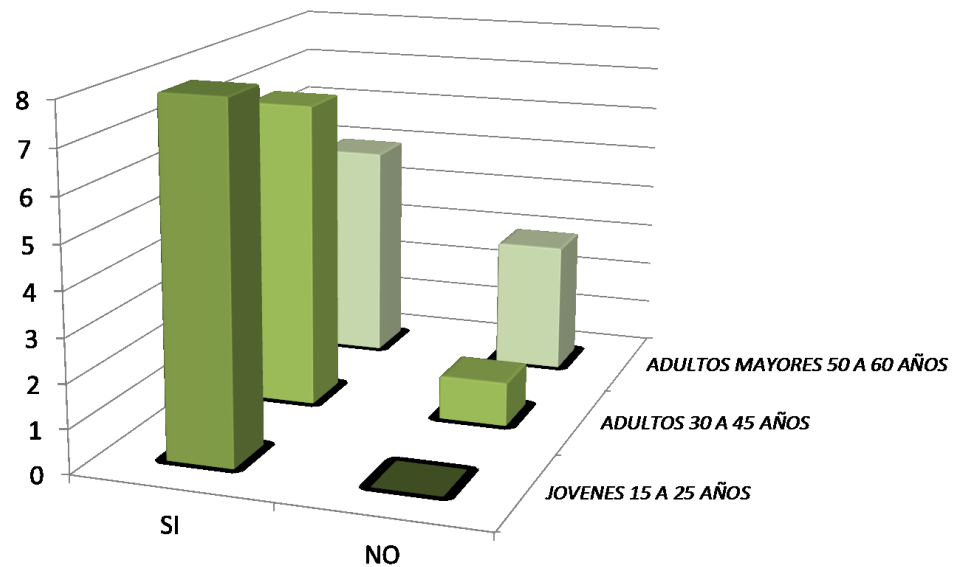


Figura 50 - Pregunta n°4 de la encuesta

5. ¿Le gustaría encontrar este servicio en la habitación de un hospital?

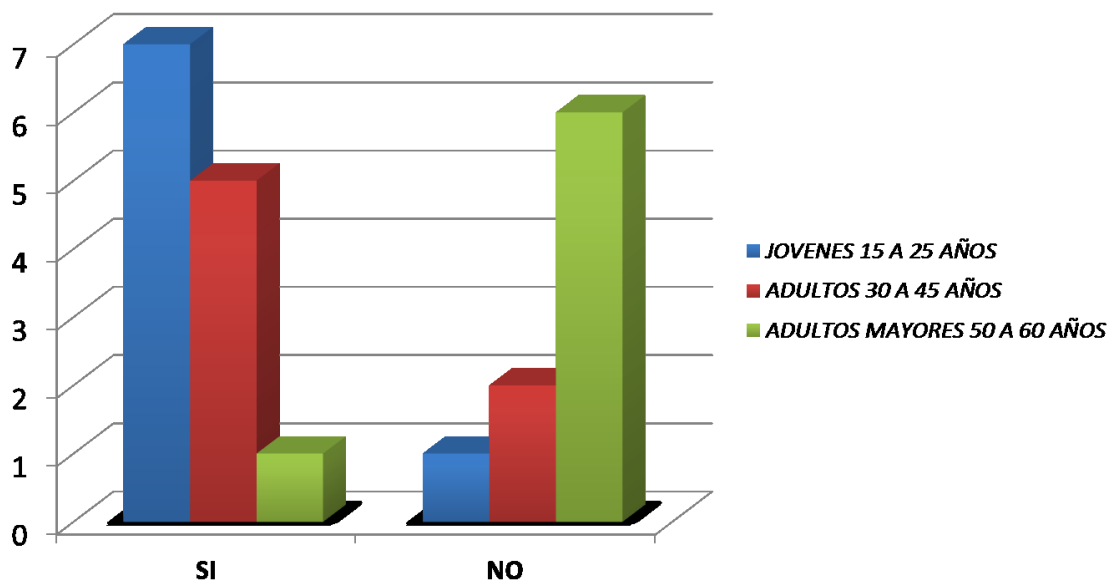


Figura 51 - Pregunta n°5 de la encuesta

La pregunta 6 de la encuesta, abierta y opcional fue respondida por 5 de los encuestados, con los siguientes resultados:

RESPUESTAS:

JÓVEN DE 16 AÑOS (hombre): cada día se aprende más y una manera muy práctica es poder experimentar y manipular con la tecnología, como lo hice con esta maqueta. Me parece muy interesante y me confirma que estudiando bastante somos capaces de desarrollar programas que apliquen a facilitarnos mas las cosas y a brindarnos comodidad.

JOVEN DE 22 AÑOS (hombre): yo como estudiante universitario, soy casi adicto a la tecnología, y me parece excelente que se estén desarrollando proyectos con aplicaciones a la par con el avance de la tecnología, porque así será todo en un futuro. Este prototipo me valida el hecho de cómo serán en un futura las casas inteligentes, los hospitales, hoteles y oficinas.

ADULTO DE 40 AÑOS (mujer): me parece bastante interesante y esto me demuestra el futuro de nuestra juventud; ideal que a nosotros nos hubiese tocado tanta maravilla! Con un prototipo como este se aprende fácil y se demuestra que los programas funcionan y nos certifica que somos capaces de lograr desarrollar software no solo para casos como este, sino que vendrán ideas para controlar y manejar muchas mas funciones de nuestra vida diaria.

ADULTO MAYOR 55 AÑOS (mujer): a nosotros los mayores la tecnología nos da mucha dificultad, para mi es difícil manipular estos aparatos y tener la agilidad que a ustedes se les ve. Pero lo que si le digo, es que yo no quiero estar en un hospital con este pantalla tratando de apagar la luz, a mí que me cuiden y me acompañen.

ADULTO MAYOR 60 AÑOS (hombre): para mi esta experiencia vivida hoy fue un descreste, ya que nunca me imagine que se pudiera llegar a controlar y a desarrollar programas que solo con un clic, nuestro quehacer diario fuese mas cómodo, ágil y práctico. Todos estos aparatos, me parecen algo complicados de manejar, pero con una buena explicación como la que pude probar acá con este prototipo, hasta comprobé que nada es difícil.

Se puede concluir, que el prototipo es una herramienta de apoyo que ayuda a validar el funcionamiento de la interfaz y demuestra que solo algunas personas mayores presentan dificultad para entender y manipular una pantalla táctil, especialmente por el desconocimiento de la tecnología.

En el proceso de verificar que todos los componentes del sistema funcionaran de forma correcta, se observó que la celda peltier no cumplía con las expectativas esperadas, ya que la función principal de esta era la de disminuir la temperatura dentro del prototipo; también se buscaron otras alternativas que pudieran suplir esta tarea, pero se encontraron que tenían costos muy elevados (una peltier de mayor potencia) o unidades de refrigeración que eran demasiado grandes para su instalación y el cumplimiento de las necesidades planteadas (mantener temperatura entre los 18°C y 20°C); por consiguiente se programó un controlador ON/OFF con el que se busca apagar y encender el sistema de enfriamiento cuando la temperatura de la habitación se encuentra por debajo o por encima de un valor en la temperatura establecido.

CONCLUSIONES

- Las variables de iluminación y temperatura, fueron consideradas al verse la importancia o la influencia que tienen estas en la satisfacción del paciente con respecto al nivel de confort que percibió en la habitación durante su estadía en el hospital y teniendo en cuenta que dicho confort puede afectar el tiempo de la recuperación.
- Se identificaron los protocolos de comunicación de cada dispositivo, teniendo en cuenta las tecnologías más accesibles en la actualidad, logrando un funcionamiento estable entre los diferentes componentes del sistema.
- Se utilizó software Open Source para realizar la programación de la comunicación entre los elementos que componen el sistema, buscando la manera de disminuir costos.
- Al implementar una arquitectura de software para la realización de la interfaz gráfica del sistema, se facilitó la toma de decisiones con respecto a las herramientas, lenguaje de programación y dispositivos a tener en cuenta para su desarrollo, ya que nos proporcionó de forma temprana una visión global del sistema que se requería construir.

RECOMENDACIONES

- Debido a que la celda Peltier se desempeñó con poca eficiencia en el proyecto con respecto a su función de disminuir la temperatura en la habitación, se recomienda utilizar un método diferente que pueda suplir de forma óptima dicha tarea y por lo tanto desarrollar el sistema de control de la temperatura para este.
- Para trabajos futuros se recomienda la integración de otros controles que tengan la capacidad de establecer comunicación por medio de la tecnología WIFI y puedan brindarle un mayor confort y satisfacción al usuario, como puede ser el manejo de la televisión de forma remota y un sistema de llamado al personal hospitalario según la necesidad del paciente.

BIBLIOGRAFÍA

Arduino. (2012). Arduino. Obtenido de www.arduino.cc

ASEPEYO. (Mayo de 2005). *Universidad Complutense de Madrid*. Recuperado el 14 de Junio de 2012, de <http://www.ucm.es/info/fisatom/docencia/Masterfisica/Renovables/info%20complementaria/Confort%20Termico%202.pdf>

Aström, K. J. (2002). *Control System Design*. Recuperado el 20 de Mayo de 2012, de <http://www.cds.caltech.edu/~murray/courses/cds101/fa02/caltech/astrom-ch6.pdf>

Bouzas Millares, M. J. (2005). *Panorámica de los sistemas domóticos e inmóticos*. España: Escuela Superior de Ingenieros.

Calibrado de una LDR. (2003). Recuperado el 16 de Abril de 2012, de <http://www.uclm.es/profesorado/ajbarbero/Practicas/Calibrado%20LDR%202003.pdf>

Casas, R., & Roy, A. (2005). *Anexos al informe tecnico sobre domótica de viviendas y edificios de la milla digital de Zaragoza*. Universidad de Zaragoza.

Hernández, M. C. (5 de Mayo de 2011). *ACR Latinoamerica*. Recuperado el 14 de Junio de 2012, de <http://www.acrlatinoamerica.com/201105054196/articulos/aire-acondicionado-y-ventilacion/en-el-hospital-respire-tranquilo/ver-el-articulo-completo.html>

Hospital, A. G. (4 de 2006). *schneider electric*. Obtenido de [schneider-electric](http://www2.schneider-electric.com/documents/buildings/aalborg_hospital.pdf): http://www2.schneider-electric.com/documents/buildings/aalborg_hospital.pdf

Jiménez Buendía, M. (2009). *Desarrollo de sistemas domóticos utilizando un enfoque dirigido por modelos*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

Lorandi Medina, A. P., Hermida Saba, G., & Hernández Silva, J. (2011). Controladores PID y Controladores Difusos. *Revista de la Ingeniería Industrial*, X (1), 1-13.

Martínez García, S. (12 de Septiembre de 2005). *Instalación domótica sobre un proyecto ICT para un edificio de viviendas residenciales*. Recuperado el 03 de Mayo de 2012, de <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/4465/1/PFC.pdf>

Mastermagazine. (2007). *Mastermagazine*. Recuperado el 22 de Mayo de 2012, de <http://www.mastermagazine.info/termino/4736.php>

Mitsucontrol. (2010). *Mitsucontrol*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2011, de http://www.mitsucontrol.com.ar/automatizacion-de-casas/domotica/Hospitales/1178/DOMOTICA_PARA_HOSPITALES.asp

Parra R., B. (s.f.). *Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2011, de [Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá](http://www.unal.edu.co):

http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/economicas/2006930/docs_curso/lecturas/capitulo1/legislacion.htm

Philips Electronics. (2011). *Philips, sense and Simplicity*. Recuperado el 21 de Octubre de 2011, de <http://www.ecat.lighting.philips.com>

Sandoval, A. P., Espinosa, E., & Barahona, J. L. (2007). *Celdas Peltier: Una alternativa para sistemas de enfriamiento con base en semiconductor*. Recuperado el 7 de Abril de 2012, de <http://www.utm.mx/~mtello/Extensos/extenso020709.pdf>

Universitat de les Illes Balears. (2006). *Instalaciones de domótica*. Recuperado el 6 de Mayo de 2012, de <http://ocw.uib.es/ocw/arquitectura/instalaciones/domotica?&lang=es&output=json&session-id=19db8f39f91e22b03cb1debce664ebb5>

ANEXO 1

| Domicilio: | HPTU | Fecha: | 18 de Febrero del 2011 |
|---|--|---|------------------------|
| Teléfonos: | Ext. 9241 Ext. 9066 | Tipo de usuario: | Jefes de Enfermería |
| ¿Le gustaría participar en el seguimiento? | si | Área de enfoque: | Personal Asistencial |
| Pregunta/enunciado | Enunciado del cliente | Necesidad interpretada | |
| Usos típicos | Necesito comunicarme con mis colegas más eficiente y oportunamente. | Comunicación inalámbrica (IP). | |
| | Necesito avisos de rutinas programadas y movimientos de pacientes en las habitaciones. | Software. | |
| | Necesito un manejo digital de los mapas de riesgo, listas de chequeo, guías, historia clínica. | Tablets. | |
| Le gusta - Herramienta actual | Servicio personalizado a pacientes | La automatización en hospitalización simplemente ayudara al personal asistencial a cumplir su labor más eficientemente. | |
| Le disgusta - Herramienta actual | Me gustaría que las grúas para traslados de pacientes sean menos engorrosas. | Grúas más fácil de utilizar. | |
| | Me gustaría un manejo más seguro y eficaz de los medicamentos descritos para cada paciente. | Identificación por código de barras y unidosis para los medicamentos. | |
| | Me gustaría tener control sobre la temperatura y regularla en las aéreas asistenciales. | Control de Aire Acondicionado. | |
| Mejoras sugeridas | Un aditamento que me permita monitorear los pacientes remotamente. | Cámaras de Vigilancia en las habitaciones. | |

| | |
|---|---|
| Identificación estandarizada y segura de pacientes. | Identificación por código de barras. |
| Equipos para habilitación de espacios para personas discapacitadas (cualquier tipo de discapacidad). | Kits temporales para ser adaptados a las habitaciones. |
| Acceso ilimitado para las habitaciones. | El personal asistencial no debe tener restricción para el acceso a habitaciones. |
| Acceso limitado para áreas asistenciales. | El personal asistencial será el único con capacidad de acceso para sus respectivas áreas. |
| Aislamiento al ruido exterior e interior de las habitaciones. | Equipos especiales para aislamiento. |
| Un aditamento que me permita alcanzar equipos altos. | Extensiones para los soportes de los equipos de extensión. |
| Ventanas con seguridad según las normas internacionales. | Revisar normas |
| Me gustaría tener una luz dirigida en las habitaciones. | Luz individual ecualizable. |
| Me gustaría mayor comunicación entre las áreas del hospital (Mantenimiento, logística de ropa hospitalaria, distribución de dietas). | Software. |
| Me gustaría que los pacientes tuvieran fácil acceso a sistemas de información. (Estado de cuenta, menú del día, guías de información y manejo de equipos de control, mapas del sitio) | Por medio de la pantalla de la habitación (Software) |

ANEXO 2

CONTROL DE ILUMINACIÓN Y TEMPERATURA POR MEDIO DE UN SISTEMA DOMÓTICO PARA HABITACIÓN DE HOSPITAL

Mediante esta encuesta se pretende evaluar la experiencia que usted tuvo al interactuar de manera vivencial, con este prototipo, con un programa controlado desde una pantalla táctil.

NOMBRE: _____

SEXO: _____

EDAD: _____

FECHA: _____

Coloque una X en el parámetro de calificación de cada aspecto, según su criterio:

| | | | |
|----|--------------------------|----|--------------------------|
| SI | <input type="checkbox"/> | NO | <input type="checkbox"/> |
|----|--------------------------|----|--------------------------|

ASPECTOS A EVALUAR

1. *Le llama la atención la tecnología y las facilidades de comunicación de hoy en día?*

SI ☐ NO ☐

2. *Le gustaría experimentar con una pantalla táctil el manejo y control de un programa?*

SI ☐ NO ☐

3. *Quiere experimentar el controlar por usted mismo la iluminación de la habitación? Hágalo usted mismo*

SI ☐ NO ☐

4. *Le pareció fácil controlar desde esta pantalla táctil la persiana de la habitación?*

SI ☐ NO ☐

5. *Le gustaría encontrar este servicio en la habitación de un hospital?*

SI ☐ NO ☐

6. *Cuéntenos su experiencia al haber interactuado con este prototipo (Opcional)*

MUESTRA

| PREGUNTAS AL TESTEO | JOVENES 15 a 25 años | ADULTOS 30 a 45 años | ADULTOS MAYORES 50 a 60 años | TOTAL |
|---|-------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------|
| <i>Le llama la atención la tecnología y las facilidades de comunicación de hoy en día?</i> | 8 | 8 | 8 | 24 |
| <i>Le gustaría experimentar con una pantalla táctil el manejo y control de un programa?</i> | 8 | 8 | 8 | 24 |
| <i>Quiere experimentar el controlar por usted mismo la iluminación de la habitación de este prototipo? Hágalo usted mismo</i> | 8 | 8 | 8 | 24 |
| <i>Le pareció fácil controlar desde esta pantalla táctil la persiana de la habitación?</i> | 8 | 8 | 8 | 24 |
| <i>Le gustaría encontrar este servicio en la habitación de un hospital?</i> | 8 | 8 | 8 | 24 |
| <i>Cuéntenos su experiencia al haber interactuado con este prototipo</i> | 8 | 8 | 8 | 24 |
| | | | | |



ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA

ACTA DE EVALUACIÓN FINAL DE TRABAJO DE GRADO

| Fecha: (dd/mm/aa) | 10 / 07 / 2012 | | | | | | |
|---|--|--------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|
| Nombre del proyecto: | Control de iluminación y temperatura por medio de un sistema domótico para habitación de hospital. | | | | | | |
| Director del proyecto: | Rigoberto Maldonado Torres | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <th>Nombre del estudiante</th> <th>Programa académico</th> </tr> <tr> <td>Andrés Camilo Soto Latorre</td> <td>Ingeniería Informática</td> </tr> <tr> <td>Daniel Velásquez Duque</td> <td>Ingeniería Mecatrónica</td> </tr> </table> | Nombre del estudiante | Programa académico | Andrés Camilo Soto Latorre | Ingeniería Informática | Daniel Velásquez Duque | Ingeniería Mecatrónica | |
| Nombre del estudiante | Programa académico | | | | | | |
| Andrés Camilo Soto Latorre | Ingeniería Informática | | | | | | |
| Daniel Velásquez Duque | Ingeniería Mecatrónica | | | | | | |
| Nombre del Jurado: | | | | | | | |
| Evaluación del proyecto: Espacio exclusivo para jurado | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> No aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado sin mención <input type="checkbox"/> con Mención Pública <input type="checkbox"/> con Mención honorífica <input type="checkbox"/> Trabajo laureado | | | | | | | |
| Justificación del reconocimiento: (Artículo 28 del Acuerdo 11: "El director del Programa presentará el acta final de evaluación al Consejo Académico, donde consta la solicitud de mención especial debidamente justificada y el Consejo determinará si se otorga o no") | | | | | | | |


DIRECTOR DEL PROGRAMA


DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

JURADO (Si lo hubo)